

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

**Departamento de Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológico
II (Psicología Diferencial y del Trabajo)**



TESIS DOCTORAL

**Peculiaridades percepto cognitivas: diferencias intralingüísticas en
categorías de color básicas**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

José Antonio Collado Vega

Directores

Julio Antonio Lillo Jover

Humberto Morera Villegas

Madrid, 2016

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

Facultad de Psicología

Departamento de Personalidad, Evaluación y Tratamiento

Psicológico II (Psicología Diferencial y del Trabajo)

TESIS DOCTORAL



Peculiaridades percepto-cognitivas: diferencias intralingüísticas en categorías de color básicas.

AUTOR

José Antonio Collado Vega

DIRECTORES

Julio Antonio Lillo Jover

Humberto Moreira Villegas

Madrid, 2015

A mis padres, la fuerza de mis pasos.

A Azucena, el motivo por el que caminar.

Agradecimientos

Una tesis doctoral no es un trabajo individual, es el fruto de años de dedicación en la que muchas personas se han visto implicadas a diferentes niveles, sin los que seguro no hubiera sido posible concluir con éxito el trabajo.

En primer lugar, mi agradecimiento a mis directores de tesis Julio Lillo y Humberto Moreiras, quienes han sabido dirigirme, motivarme y apoyarme en este proyecto.

En especial a mi amigo, Julio Lillo, por su paciencia infinita y el esfuerzo dedicado a hacer de mí un doctor. Sé que hemos recorrido un largo camino desde 1992, año en el que me acerqué a él proponiéndole ingresar en su equipo de investigación. Desde entonces he aprendido mucho del que es el mejor investigador sobre percepción del color de España.

Sin duda, el equipo de investigación de Julio Lillo ha sido importantes para el resultado final de esta tesis. Los que fueron, Rafa, Leticia, Isaac, Elena... y los que son, Humberto y Leticia. A todos ellos gracias por lo que me han enseñado y ayudado, destacando estos últimos, por su participación e implicación.

Gracias a todos los participantes de esta investigación, tanto en España como en Méjico y Uruguay, y a los investigadores que allá nos han ayudado. Investigadores como Lilia Prado de la Universidad de Guadalajara en Méjico o Fernando González de la Universidad de la República en Montevideo, Uruguay. Sin ellos no hubiera sido posible la recogida de los datos.

Al Departamento de Personalidad, Evaluación, y Tratamientos Psicológicos II (Psicología Diferencial y del Trabajo) de la UCM, dónde cursé parte de mi licenciatura y mi beca de investigación pre-doctoral. También al Departamento de Metodología y Ciencias del Comportamiento, a todos sus miembros, y especialmente a mi gran amigo

Miguel Ángel Castellanos, por impulsarme a desarrollar la actividad docente, del que aprendo todos los días y es un ejemplo para mí. A María Victoria Hernández que siempre ha visto en mí más de lo que yo creía ser. Y a los profesores Trinidad Gallego, María José Hernández y Jose Carlos Chacón por hacerme sentir siempre el significado del apoyo incondicional. Esther Iglesias, gracias por estar ahí y, hacerme la vida más fácil.

Por supuesto, agradecer a mis padres, mis héroes, Pilar y Antonio, por su ejemplo de trabajo en equipo, dedicación, esfuerzo, capacidad de sufrimiento y por creer siempre en mí. A mis hermanos, Pilar, Miguel y Carlos, por ser un referente y un gran apoyo en mi vida. A toda mi familia, porque entre todos me habéis hecho como soy, y por tanto capaz de terminar este trabajo. Me hubiera gustado que mis abuelos hubieran visto cómo sus hijos me han hecho llegar hasta aquí, gracias a los cuatro por haber sido el primer impulso.

No me puedo olvidar de la Doctora Pilar Fernández, quien desde mis primeros pasos en este mundo de psicólogos me mostró su entusiasmo y pasión por la psicología. Me ha motivado y alentado siempre, incluso de forma “machacona”, para que concluyera esta tesis.

A Azucena, porque si hay alguien que sabe que es bajar al infierno conmigo, los malos momentos, las noches en vela, los días sin fin y el esfuerzo sin recompensa, esa sin duda eres tú. No se concibe esta tesis o cualquier otra cosa que haya hecho en mi vida, desde que te conozco, sin ti, sin tu eterna sonrisa, sin tu sincera alegría, gracias. También agradecerte haberme dado un nuevo motivo por el que reír, jugar y luchar con fuerzas renovadas, Álvaro. Sin duda, he de pedirte perdón a los dos, por haberos robado horas de juego y dedicación en estos años.

Esta tesis doctoral ha sido financiada gracias a los proyectos de investigación PSI2008-04166 (concedido por el Ministerio de Ciencia e Innovación) y PSI2012-37778 (concedido por el Ministerio de Economía y Competitividad).

Índice

Resumen.....	9
Abstract	13
 Parte teórica.....	 17
 Capítulo 1: Percepción del color y colorimetría: aspectos generales	 19
1.1. Luz y color	19
1.2. Actividad retiniana: receptores y primeros procesos oponentes	24
1.2.1 Estructuras del ojo.....	24
1.2.2. Receptores retinianos: energía en distintas partes del espectro.....	25
1.2.3. Primeros procesos oponentes: Oposición entre las respuestas de los receptores retinianos	27
1.2.4. Los resultados de la oponencia: Sensaciones opuestas y cálculos globales.....	29
1.3. Funciones de eficiencia espectral	32
1.4. Dimensiones perceptivas de la estimulación cromática	35
1.5. Los números del color: Espacios y diagramas de cromaticidad.....	36
1.5.1 Espacio RGB CIE 1931.....	38
1.5.2 Espacio XYZ CIE 1931.....	42
1.5.3 Espacios de color CIE $L^*u^*v^*$ y CIE $L^*a^*b^*$	49
 Capítulo 2: Categorías de Color Básicas: Variaciones entre idiomas	 57
2.1. Términos y Categorías Básicas de color	58
2.2. Categorías de color y espacios de color	59
2.3 Posturas extremas relacionadas con el origen de las Categorías de Color Básicas	61
2.3.1 Universalismo ingenuo.....	62
2.3.2 Relativismo radical.....	64
2.4 Factores Universalistas: La teoría de Berlin y Kay y su evolución.....	68
2.4.1. La teoría original de Berlín y Kay (1969) y las experiencias opuestas de Hering. ...	69
2.4.2. Investigaciones relacionadas con la World Colour Survey.....	79
2.5. Factores relativistas: categorías y percepción categorial.....	84

2.6. Las categorías básicas del Español y la investigación de Lillo et al. (2007).....	89
Parte empírica.....	95
Capítulo 3. Estudio 1: Identificación de Términos de Color Básicos en tres versiones del idioma español.....	99
3.1. Método	100
3.1.1. Participantes	100
3.1.2. Procedimiento y materiales	100
3.2. Resultados	101
3.2.1. Resultados respecto al número de términos utilizados.....	101
3.2.2. Resultados respecto a la frecuencia de aparición en las listas.....	103
3.2.3. Resultados respecto al orden de aparición de los términos en las listas.....	110
3.3. Discusión.....	118
Capítulo 4. Estudio 2: Identificación de equivalencias entre términos de color y extensión de categorías.....	121
4.1. Método	125
4.1.1. Participantes	125
4.1.2. Materiales y estímulos.....	125
4.1.3. Procedimiento.....	128
4.2. Resultados	129
4.2.1. Resultados en la tarea de denominación de extremos	129
4.2.2. Tarea de identificación de fronteras	134
4.3. Discusión.....	154
Capítulo 5. Conclusiones	161
Referencias	169

Resumen

Los principales objetivos de esta investigación fueron: (1) identificar los Términos de Color Básicos (TCBs) utilizados en tres versiones (o dialectos) del idioma Español (Castellano, Mejicano y Uruguayo). (2) Realizar la delimitación colorimétrica de las Categorías de Color Básicas (CCBs) asociadas a tales términos. (3) Determinar si en las tres versiones del Español hay CCBs comunes pero que se asocian a TCBs distintos. (4) Evaluar la posible existencia de diferencias relevantes entre hombres y mujeres en TCBs y CCBs. (5) Evaluar la adecuación de las conclusiones obtenidas en el estudio de Lillo et al (2007) en relación con los TCBs y CCB de las tres versiones Español.

La investigación requirió la realización de dos cuasi-experimentos. El primero consistió en una aplicación de la técnica de las listas elicítadas, realizada en tres universidades, y que implicó un total de 201 participantes, carentes de alteraciones en la percepción del color. Tales universidades fueron la Complutense de Madrid (España, n=47); La Universidad de Guadalajara (Méjico, n=97); La Universidad de la República (Montevideo, Uruguay, n=57). Las listas elicítadas indicaron que existían 14 TCBs, en el conjunto de las tres versiones del Español estudiadas. Nueve de tales términos aparecieron en las tres versiones: verde, azul, rojo, amarillo, negro, blanco, gris, naranja y rosa. Los otros cinco sólo fueron básicos para una o dos de las versiones: marrón para el Castellano y el Uruguayo; café para el Mejicano; morado para el Castellano y el Mejicano; violeta y celeste para el Uruguayo.

Dos fueron las variables dependientes proporcionadas por las listas elicítadas: La frecuencia de aparición (número de listas en los que aparecía un término); el orden de aparición (orden relativo y absoluto) de un término en cada lista. Los términos primarios (cromáticos y acromáticos) tuvieron frecuencias significativamente mayores que los derivados. Por otra parte, los términos primarios cromáticos aparecieron significativamente antes que los restantes TCBs. El patrón descrito fue similar al previamente obtenido por Lillo, Moreira, Vitini y Martín (2007) para el Castellano, por

lo que los resultados obtenidos en la presente tesis pueden considerarse una confirmación.

Noventa personas participaron en el segundo cuasi-experimento (15 mujeres y 15 hombres en cada país). Se utilizaron transiciones de colores para realizar dos tareas diferentes: una de denominación de color de los extremos de la transición. Otra de identificación de fronteras. La primera finalidad de la tarea de denominación de extremos fue confirmar la existencia de diferencias en el número de TCBs de las tres versiones del Español. Al contabilizar el total de términos utilizados consistentemente para denominar los estímulos situados en los extremos de las transiciones (11 en Castellano y Mejicano, 12 en el Uruguayo), se confirmó la expectativa de que el Uruguayo tenía un término básico más que las otras dos versiones. Este hecho situó al Castellano y al Mejicano al nivel de la mayor parte de los idiomas que tienen un uso sofisticado de los colores. Por otra parte, situó al Uruguayo al nivel de los reducidos lenguajes que, como el Ruso, el Griego y el Turco incluyen 12 términos de color básicos.

La segunda finalidad de la tarea de denominación de extremos fue la de establecer equivalencias entre los TCBs utilizados en las 3 versiones del Español. Siempre que un buen representante de una categoría (estímulo en el extremo de una transición) producía consistentemente el uso de la denominación “A” en una versión y de la “B” en otra, se pudo concluir que “A” y “B” eran TCBs distintos que denominaban una misma categoría. Este hecho se produjo para dos de ellas: la categoría marrón/café y la morado/violeta. También se produjo, pero sólo parcialmente, entre azul y celeste, por lo que no se pudo concluir que azul y celeste eran denominaciones alternativas para una misma categoría.

La tarea de determinación de fronteras permitió delimitar los volúmenes del espacio de color correspondientes a cada categoría. Tal delimitación mostró que 10 de las 12 CCBs del Español se relacionan con conjuntos de estímulos similares en las tres versiones. Apenas hubo diferencias significativas, y estas fueron de magnitud reducida, para las siguientes categorías: verde, rojo, amarillo, negro, blanco, gris, naranja, rosa, marrón/café y morado/violeta. La semejanza general en las dimensiones colorimétricas de los volúmenes de color confirmó que el Castellano, el Mejicano y el Uruguayo son versiones distintas de un mismo idioma en lo que al uso de color se refiere.

Los resultados más importantes obtenidos fueron: (1) La notoria, y por supuesto estadísticamente significativa, diferencia en la magnitud de las áreas y volúmenes cromáticos correspondientes a la categoría azul: para el Uruguayo, la extensión fue menor y no incluyó lo que, para el Castellano y el Mejicano, es la porción de azules correspondientes a lo que colorimétricamente se consideran azules verdosos. Tales estímulos constituyen el referente perceptivo de la categoría celeste en el Uruguayo. (2) La estrecha semejanza entre la delimitación de celeste en el Uruguayo y la efectuada por Castellanos y Mejicanos cuando tuvieron que determinar las hipotéticas fronteras de esta categoría (que no existe en su versión del Castellano).

Los resultados obtenidos en esta tesis son fácilmente interpretables desde las premisas de la Teoría de la Evolución Universal (TEU). De acuerdo con esta en los idiomas relativamente sofisticados coexisten dos tipos de categorías básicas: Las primarias (relacionadas con una sola sensación elemental de Hering) y las derivadas (relacionadas con la coexistencia fenomenológica de dos sensaciones elementales). Las primarias tendrían mayor relevancia fenomenológica, y por ello habrían tendido a aparecer antes y, sobre todo, más frecuentemente en las listas elicítadas. Por ello también, habrían producido respuestas más consistentes en la tarea de denominación de extremos (un solo TCB para cada CCB, frecuencias próximas o iguales al 100% de consistencia, mismo número de CCBs en las tres versiones). Por último, pero no menos importante, la coincidencia en la delimitación de la categoría celeste real (Uruguayo) y la hipotética (Castellano y Mejicano) indica que, como propone la TEU, la segmentación de una categoría primaria para dar lugar al surgimiento de nuevas categorías, depende de ciertas características universales de la percepción visual humana.

Abstract

The main goals of this research were: (1) To identify the Basic Colour Terms (BCTs) used in three versions (or dialects) of the Spanish language (Castilian, Mexican and Uruguayan). (2) To carry out the colorimetric delimitation of the Basic Color Categories (BCCs) associated to such terms. (3) To determine if there exist common BCCs but that are named by different BCTs in the three Spanish versions. (4) To assess the possible existence of relevant differences between males and females in BCTs and BCCs. (5) To assess the suitability of the conclusions obtained in the study by Lillo, Moreira, Vitini & Martín (2007) in relation to the BCTs and BCCs of the three Spanish versions.

The research required performing two quasi-experiments. The first consisted in the application of the elicited lists technique performed in three universities and implied a total of 201 participants without colour vision disorders. Such universities were Universidad Complutense de Madrid (Spain, n=47); Universidad de Guadalajara (Mexico, n=97); Universidad de la República (Montevideo, Uruguay, n=57). The elicited lists indicated that there exist 14 BCTs in the set of the three Spanish versions studied. Nine of such terms appeared in the three versions: *verde* (green), *azul* (blue), *rojo* (red), *amarillo* (yellow), *negro* (black), *blanco* (white), *gris* (gray), *naranja* (orange) and *rosa* (pink). The other five only were basic in one or two of the versions: *marrón* in Uruguayan and Castilian; *café* in Mexican; *morado* in Castilian and Mexican; *violeta* and *celeste* in Uruguayan.

The elicited lists provided two dependent variables: The frequency of occurrence (number of lists in which a term appeared); the order of occurrence (relative and absolute) of a term in each list. The primary terms (chromatic and achromatic) had significantly higher frequencies than the derived terms. Otherwise the chromatic primary terms appeared significantly earlier than the other BCTs. The described pattern was similar to the one previously obtained by Lillo et al. (2007) for the Castilian, therefore these results can be considered a confirmation.

A total of 90 people collaborated in the second quasi-experiment (15 women and 15 men in each country). Chromatic transitions were used to perform two different tasks: a colour naming task for the transition ends. Another task of boundary identification. The first goal of the ends naming was to confirm the existence of differences in the number of BCTs of the three Spanish versions. The total number of terms consistently used to name the stimuli located at the ends of the transitions (11 in Castilian and Mexican; 12 in Uruguayan) confirmed the expectation that there was one more basic term in Uruguayan. This fact leaves Castilian and Mexican at the same level than the major part of the languages that have a sophisticated use of colors. By the other hand, Uruguayan reveals as one of the minor part that, like Russian, Greek and Turkish, include 12 basic color terms.

The second goal of the colour naming task for the transition ends was to establish the equivalences between the BCTs used in the three versions of Spanish. Whenever a good exemplar of a given category (stimulus located at the end of the transition) consistently produced the use of the denomination “A” in one version and of the denomination “B” in another version, it was concluded that “A” and “B” were different BCTs used to name the same category. This fact occurred for two categories: *marrón/café* and *morado/violeta*. This also happened for *blue* and *celeste*, but only partially, so we could not conclude that *blue* and *celeste* were alternative terms for the same category.

The task of boundary identification delimited the colour space volumes corresponding to each category. 10 of the 12 BCCs were related to stimuli sets that were similar in the three versions of Spanish. There were few significant differences, and they were small in size, for the following categories: *verde*, *rojo*, *amarillo*, *negro*, *blanco*, *gris*, *naranja*, *rosa*, *marrón/café* y *morado/violeta*. The general similarity in the colorimetric dimensions of the colour volumes confirmed that Castilian, Mexican and Uruguayan are different versions of the same language in what refers to the use of color.

The most important of the obtained results were: (1) The remarkable, and of course statistically significant, difference between the magnitude of the chromatic areas and volumes corresponding to the category blue: in Uruguayan, the extension was smaller and did not include the portion of blue corresponding to greenish blues in Castilian and Mexican. Such stimuli are the perceptual referent of the category *celeste*

in Uruguayan. (2) The close similarity between the delimitation of *celeste* in Uruguayan and the delimitation performed by Castellians and Mexicans when they had to determine the hypothetical boundaries of this category (that actually do not exist in these languages).

The results of this thesis dissertation are easily interpretable from the postulates of the Theory of Universal Evolution (TUE). In accordance with this theory, in relatively sophisticated languages coexist two kinds of basic categories: primary categories (related to only one Hering elemental sensation) and derived categories (related to the phenomenological coexistence of two elemental sensations). Primary categories would have more phenomenological relevance, so they should tend to appear before, and above all, more frequently in elicited lists. Consequently, they should produce more consistent responses in the colour naming task for the transition ends (only one BCT for each BCC, frequencies near to or equal to 100% of consistency, and same number of BCCs in the three versions). Finally, but not least important, the coincidence in the delimitation of the real (Uruguayan) *celeste* category and the hypothetical (Castilian and Mexican) *celeste* category indicates that, as proposed by the TUE, the segmentation of a primary category that results in the emergence of new categories, depends on certain universal features of human visual perception.

Parte teórica.

Peculiaridades percepto-cognitivas: diferencias intralingüísticas en categorías de color básicas

Parte teórica.

En los dos capítulos que comprenden la parte teórica de esta tesis, se introducen las bases de la percepción del color y la colorimetría (capítulo 1), los conceptos de Término y Categoría Básico/a de Color, así como las investigaciones más relevantes relacionadas con el debate universalismo-relativismo (capítulo 2).

En el primer capítulo se plantean las fórmulas, funciones y espacios colorimétricos que nos permitirán manejar, transformar y representar en la parte empírica las variables dependientes medidas en los estudios realizados.

En el segundo capítulo, también se describen, las investigaciones realizadas en el contexto de los Términos y Categorías Básicas del Color por el equipo de investigación dirigido por Julio Lillo en la Universidad Complutense de Madrid. Comentando los trabajos realizados hasta la fecha en el ámbito en el que se enmarca esta tesis y sobre los que se apoya.

Capítulo 1

Percepción del color y colorimetría: aspectos generales

La percepción visual ocupa un papel esencial en el análisis de la cognición visual. Su estudio requiere integrar información, datos e investigaciones de un amplio número de disciplinas, entre las que se encuentran; la fisiología, la computación, la física, la etología, la química, la antropología, la lingüística y, por supuesto, la psicología (Backhaus, Kliegl y Werner, 1998). Todas ellas, han contribuido al conocimiento de la percepción del color con metodologías y aproximaciones diferentes. Gracias a su relevancia y multidisciplinariedad disponemos actualmente de un amplio bagaje de conocimientos que, obviamente, constituyen el punto de partida para nuevas investigaciones.

En este capítulo se introducen conceptos y elementos esenciales para entender, analizar y referenciar las medidas y datos proporcionados por las investigaciones más relevantes para esta tesis, que se ha realizado en el ámbito multidisciplinar de la ciencia del color.

1.1. Luz y color

Es habitual hablar de Newton como precursor científico del estudio del color. Cuando en 1666 realizó su famoso experimento de descomposición de la luz¹ y, posteriormente, el experimento recíproco, (sintetizar el blanco a partir de sus componentes), comenzó el estudio científico de la cognición del color, ya que la luz es, sin duda, el primer elemento que debemos tener en cuenta para entender lo que es el color.

¹ Newton controló las condiciones y midió el resultado al descomponer la luz blanca en sus diferentes componentes para lo que hizo pasar un haz de luz a través de un prisma triangular obteniendo de forma consistente la descomposición en una banda de siete colores denominado espectro cromático y que se describían según las siguientes sensaciones: violeta, añil, azul, verde, amarillo, naranja y rojo. De igual forma, sintetizó luz blanca a partir de los siete colores.

En la actualidad se considera que la luz está compuesta por fotones que se comportan según la dualidad onda-corpúsculo (u onda-partícula). Esto es, para ciertos aspectos como si fueran partículas y, para otros, como ondas (Wyszecki y Stiles, 1982; Kaiser y Boynton, 1996; Packer y Williams, 2003; Goodman, 2010). Los fotones (paquetes de energía) son entidades discretas de radiación electromagnética con una frecuencia de vibración de campo electromagnético (ν)² y longitud de onda (λ) característica. Tanto la frecuencia como la longitud de onda se relacionan con la energía de los fotones.

Dado que es más fácil medir la longitud de onda que la frecuencia de vibración, es más común la especificación de la primera variable mencionada. La longitud de onda se define como el espacio que recorre una onda en un ciclo. Si asumimos la velocidad de la luz en el vacío, c , en metros por segundo, la longitud de onda se podría indicar, en metros, según la siguiente fórmula (Wyszecki y Stiles, 1982):

$$\lambda = c / \nu \quad (1)$$

La unidad en la que habitualmente se expresa la longitud de onda, es el nanómetro (nm) y es equivalente a 10^{-9} metros. La radiación electromagnética incluye una gran variedad de longitudes de onda. **La luz** es la parte del espectro de radiación electromagnética visible por el ser humano y se limita a un rango, que va aproximadamente³, de los 400 a los 700 nanómetros⁴ (nm) (Pokorny y Smith, 1986; Kaiser y Boynton, 1996; Hunt y Pointer, 2011). Complementando lo dicho, debe indicarse que la energía (E) de un fotón, es proporcional a la frecuencia, o lo que es lo mismo, está inversamente relacionada con la longitud de onda (Packer y Williams, 2003),

² Cada fotón vibra a una frecuencia característica, ν , definida como el inverso del periodo, T , que es el tiempo que una onda tarda en recorrer un ciclo ($\nu = 1/T$)

³ Asumiremos, por aproximación y para simplificar las representaciones gráficas, que los límites del espectro visible son 400 y 700 nm, aunque sería más correcto indicar que son, aproximadamente, 380 y 770 nm.

⁴ Sería más conveniente referirse al espectro visible en términos de frecuencia, esto es, estaría entre $7,5 \cdot 10^{14}$ y $4,29 \cdot 10^{14}$ Hz, debido a que esta no varía en función del medio, algo que sí sucede respecto a la longitud de onda

$$E = h\nu = hc / \lambda \quad (2)$$

Donde h es la constante de Planck (aproximadamente $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{seg.}$), c es la velocidad de la luz en el vacío, y λ la longitud de onda en metros. A menor longitud de onda, mayor es la frecuencia y mayor también la energía de un fotón.

Como es bien conocido, los experimentos de Newton produjeron tres conclusiones importantes para la ciencia del color. Las expondremos utilizando la nomenclatura actual y, por tanto, el concepto de longitud de onda que se acaba de exponer. Las conclusiones serían que: (1) la luz solar que se ve blanca acumula energía en todas las longitudes de onda. Por tanto, es un tipo de estimulación compleja que puede considerarse el resultado de presentar conjuntamente muchas estimulaciones simples, (2) tales estimulaciones simples serían las energías acumuladas en cada longitud de onda visible (3) la energía luminosa, la luz, es algo distinto a la experiencia normalmente producido por su presentación. Analicemos, de una en una, las bases e implicaciones de estas conclusiones.

Analicemos la primera conclusión: “La luz solar que se ve blanca acumula energía en todas las longitudes de onda”. La principal evidencia en favor de esta conclusión es el efecto producido al dispersar la luz mediante un prisma óptico. Tal prisma descompone la luz que se ve blanca en distintos componentes (el grado de refracción depende de la longitud de onda y, por ello, los distintos componentes se proyectan en partes distintas del espacio) y un observador normal ve el arco iris en la luz solar descompuesta. Por tanto, una conclusión “ingenua” es que “todos los colores están en la luz blanca”. Una conclusión más adecuada es la de que todas las energías acumuladas en las distintas longitudes de onda visibles, presentes en la luz solar que vemos blanca, producen por separado el conjunto de tonalidades que llamamos arco iris. Como ya se ha indicado, cuando el uso de prismas u otros dispositivos permitió que Newton recrease la mezcla original de energía en distintas longitudes de onda, tal mezcla volvió a verse blanca.

Ocupémonos ahora de la segunda conclusión: “las estimulaciones simples son las energías acumuladas en cada longitud de onda visible”. ¿Cómo lo descubrió

Newton? Simplemente, utilizando nuevamente los prismas para intentar descomponer cada una de las luces del “arco iris”. Tal descomposición no se produjo. Por ejemplo, la parte de arco iris que ya era violeta, no cambiaba de color al atravesar un prisma y lo mismo pasaba para todos los colores (partes) del espectro visible.

Abordemos ahora la tercera conclusión. Sin duda, la más importante desde el punto de vista psicológico; “la luz, es algo distinto a la experiencia producida por su presentación”. ¡En pleno siglo XVIII Newton entendía adecuadamente algo que no comprenden muchas personas en nuestra era actual! Ya distinguía entre, de una parte, la causa estimular que permite las experiencias de color (la energía física que llega a la retina) y, de otra parte, las propias experiencias de color en sí. Tal distinción queda especialmente clara en las siguientes palabras:

“[...] for the rays, to speak properly, are not coloured. In them there is nothing else than a certain power and disposition to stir up a sensation of this or that colour” (Newton, 1730/1952, p. 124; Opticks. 4th edition. Reprint New York: Dover)

....ya que los rayos, si se desea hablar adecuadamente, carecen de color. En ellos no hay más que cierta capacidad o disposición para generar la sensación de uno u otro color”.

Siguiendo a Newton, es importante no confundir entre los aspectos puramente físicos de la estimulación y los efectos producidos a nivel perceptivo. Esta distinción es coherente con la existencia de dos disciplinas científicas relacionadas con la intensidad del estímulo luminoso: la radiometría y la fotometría. La primera, puramente física, no tiene en cuenta los efectos que puede producir la energía en el sistema visual. Por el contrario, la fotometría se relaciona con la medición de tales efectos.

Las principales unidades de la radiometría y la fotometría se muestran en la Tabla 1.1. Allí aparecen emparejadas y se muestra su simbología, unidades y ecuación.

Como puede observarse allí, el total de energía emitida por un estímulo (p.ej. una lámpara) es su flujo radiante, que se mide en vatios. Todas las restantes unidades radiométricas son derivadas del vatio. Por otra parte, la unidad básica de la fotometría es el lumen, que sirve para medir la cantidad total de luz emitida por un estímulo (el flujo visible o luminoso). Todas las restantes unidades fotométricas derivan del lumen.

Como se ha indicado, las mediciones radiométricas informan sobre cantidades de energía, pero no permiten saber en qué manera tal energía afecta al sistema visual del observador humano medio. Para alcanzar este logro la fotometría pondera las mediciones radiométricas considerando la sensibilidad relativa del sistema visual especificada en base a la correspondiente función de eficiencia espectral (consultar Apartado 1.3 y Figuras 1.4 y 1.5).

Como muestra la Tabla 1.1 las medidas fotométricas más importantes permiten especificar la totalidad de energía proporcionada por una fuente que es visible (Flujo lumínico, medido en lúmenes), los lúmenes que se emiten en una determinada dirección (intensidad lumínica), los que llegan a una determinada superficie (iluminancia) y los que se reciben en un punto de observación teniendo en cuenta las dimensiones y el ángulo proyectado por la superficie emisora (luminancia).

Tabla 1.1. Radiométricas y fotométricas: principales unidades (Lillo, 1993; Moreira, 2010).

RADIOMETRÍA				FOTOMETRÍA		
Concepto	Símbolo	Unidad	Ecuación*	Parámetro	Símbolo	Unidad
Flujo radiante	P_e	Vatio (W)	$P_e = dQ_e/dt$	Flujo Lumínico	P_v	Lumen (lm)
Intensidad radiante	I_e	W/sr ⁻¹	$I_e = dP_e/d\omega$	Intensidad Lumínica	I_v	Candela(lm/sr)
Irradiancia	E_e	W/m ⁻²	$E_e = dP_e/dA$	Iluminancia	E_v	Lux (lm/m ²)
Radiancia	L_e	W/sr.m ⁻²	$L_e = dI_e/dA$ $= dE_e/d\omega$	Luminancia	L_v	Cd/m ²

* Sin tener en cuenta la orientación de superficie radiante o irradiada en relación a la dirección de la medición.

En conclusión, la fotometría, por tanto, proporciona medidas relacionadas con la experiencia visual gracias a ponderar los resultados de las mediciones radiométricas

considerando las sensibilidades relativas indicadas en la función de eficacia espectral establecida por la *Commission internationale de l'éclairage* (CIE). Antes de indicar las diferencias entre las diferentes funciones homologadas por la CIE debemos hacer un comentario sobre el SVH (Sistema Visual Humano) y su funcionalidad.

1.2. Actividad retiniana: receptores y primeros procesos oponentes

1.2.1 Estructuras del ojo

El sistema visual humano es un sistema complejo de recepción, transducción y codificación de la energía. Su actividad se inicia en el ojo con la recepción de la estimulación visible y termina en el cerebro con los procesos cognitivos superiores asociados a la visión.

La luz, como puede verse en la figura 1.1, antes de llegar al fondo del ojo atraviesa la córnea, la pupila, y el cristalino, estructuras que sirven para enfocar lo que se quiere ver. La pupila en su parte central tiene el iris que deja entrar mayor (se dilata) o menor cantidad de luz (se contrae). Por su parte, el cristalino es una lente que se vuelve más o menos curva para enfocar a distintas distancias (Hunt y Pointer, 2011, cap. 1). Este proceso, el cambio de forma del cristalino, se denomina “acomodación” y depende del funcionamiento de unas estructuras musculares (los músculos ciliares).

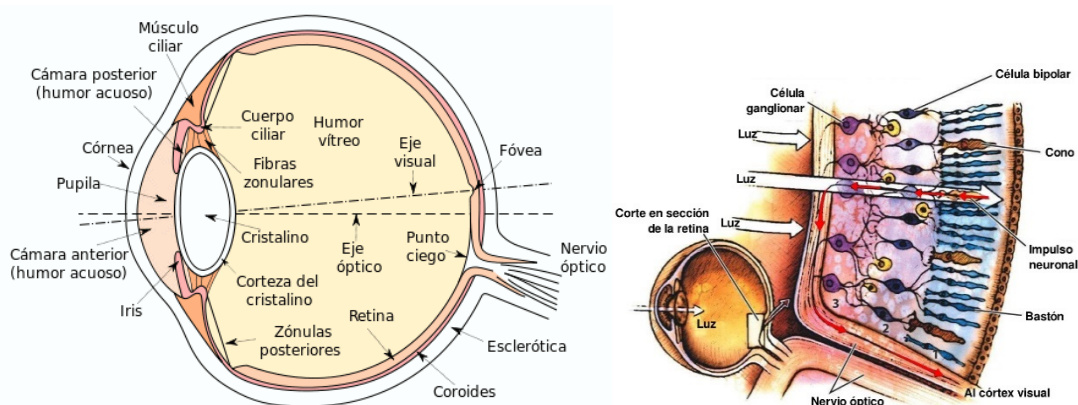


Figura 1.1 Sección del ojo humano: principales estructuras del ojo y aumento de la retina. (A partir de Dicciomed en <http://dicciomed.eusal.es> y <http://es.wikipedia.org/wiki/Cristalino>).

Además de las estructuras mencionadas en el párrafo anterior, la luz atraviesa dos grandes cámaras rellenas de líquido (esencialmente, agua y sales), en la primera, el líquido se denomina “humor acuoso” y se ubica, entre la cara posterior de la córnea y la cara anterior del iris. En la segunda el líquido se denomina “humor vítreo”, y se ubica entre la cara posterior del cristalino y la superficie interior de la retina. El humor vítreo es más denso que el acuoso.

La parte exterior del ojo está formada por tres capas, la esclerótica, que la recubre y protege. Pegada a esta está otra capa protectora que permite nutrir a otras estructuras, denominada coroides. Y en el interior, ocupando dos tercios de la parte posterior se encuentra la retina, donde se alojan las células sensibles a la luz, esto es, los conos y los bastones. Los conos permiten que se dé la visión cromática cuando la estimulación es de intensidad relativamente alta (visión fotópica), mientras que la visión en blanco y negro en condiciones de baja luminosidad (escotópica) depende de los bastones.

1.2.2. Receptores retinianos: energía en distintas partes del espectro

La retina puede dividirse en diferentes áreas. La fóvea ocupa 1.5° del campo visual (en su interior, ocupando 1° del campo visual, está la foveola) y el resto es la periferia retiniana. Toda la retina tiene fotorreceptores (conos y/o bastones), excepto en un punto de unos 4° por donde pasa el nervio óptico (punto ciego). En lo que tiene que ver con la distribución de conos y bastones, lo primero a indicar es que la foveola solo contiene conos. Estos, van disminuyendo al alejarse del centro de la retina, lo que provoca que la visión cromática sólo se dé hasta unos 40° de ángulo visual. Podemos encontrar tres tipos de conos con denominaciones alternativas (véase figura 1.2) La más popular es, probablemente (Lillo y Moreira, 2013a) la de conos L, M y C, atendiendo a si responden relativamente más a las longitudes de onda **L**argas, **M**edias o **C**ortas, En la nomenclatura clínica las denominaciones L, M, y C se sustituyen por las de respectivamente, protoconos, deuteraconos y tritaconos (op.cit).

La macula lútea es una zona recubierta de un pigmento amarillento un poco más grande que la fovea, de aproximadamente 5mm de diámetro. Esta zona es muy eficiente para la visión de detalles, parece ser que también puede tener una función de absorción de rayos ultravioleta para proteger la zona de fototraumatismos (Frisby y Stone, 2010, Cap. 6) y también reducir la aberración cromática y la dispersión de la luz aumentando el rendimiento visual (Loughman *et al.*, 2010).

Conos y bastones transforman la energía electromagnética visible en impulsos nerviosos (transducción) que acaban influyendo en la actividad cerebral tras haber sido procesados en la propia retina. Existe acuerdo (Kaiser y Boynton, 1996; Hunt y Pointer, 2011; Goldstein, 2013) respecto a que en la propia retina existen dos etapas tempranas de codificación del color que funcionan secuencialmente. La etapa primera se basaría en la respuesta de los receptores retinianos (véase figura 1.2) y proporcionaría tres mediciones sobre la energía acumulada en, respectivamente, las porciones larga (conos L), media (conos M) y corta (conos C) del espectro. La segunda etapa se basaría en el funcionamiento de tres mecanismos a los que se denominan oponentes porque, como veremos, basan su funcionamiento en la comparación (“oposición”) de las respuestas en los conos. Aunque es frecuente denominar a estos mecanismos con los términos incluidos en la teoría de los procesos oponentes de Hering (rojo-verde, amarillo-azul y claro-oscuro) es importante indicar que la definición de estos últimos se efectuó en base al análisis fenomenológico de las experiencias perceptivas y, por ello, se corresponde al resultado del procesamiento más elevado (áreas corticales) relacionado con la percepción del color y no, como los mecanismos que comentaremos ahora, a los resultados del análisis temprano de la actividad retiniana efectuado por el sistema visual.

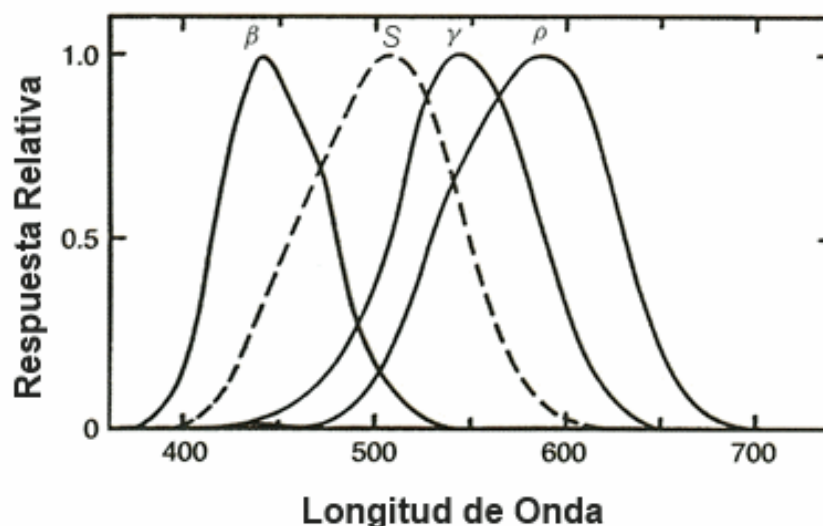


Figura 1.2: Curvas de respuestas relativas de los fotoreceptores: conos L, protoconos ρ ; conos M, deuteroconos γ ; conos C tritaconos β y bastones S . (adaptado de Hunt y Pointer, 2011).

Los conos L, M y C se diferencian debido al espectro de absorción del fotorpigmento que incorporan (Frisby y Stone, 2010, cap.17). Como puede verse en la figura 1.2 los protoconos (también denominados conos L, ρ o R) responden más a las altas longitudes de onda y tienen su máxima sensibilidad en, aproximadamente, 560 nm. Los deuteroconos (conos M, γ o G) responden en mayor medida a las longitudes de onda medias teniendo su máxima sensibilidad 530 nm. Los tritaconos (conos C, S, β o B) es, en las longitudes de onda corta, donde responde mejor con un máximo de sensibilidad en los 450 nm.

Al disponer sólo de tres tipos de conos en sus retinas, los observadores comunes sólo necesitan tres colores primarios para reproducir mediante su mezcla todas las tonalidades que pueden ver (principio de tricromaticidad). A tales observadores se los denomina como tricrómatas (Smith y Pokorny, 2003; Wyszecki y Stiles, 1982; Lillo, 1993, cap. 7)

1.2.3. Primeros procesos oponentes: Oposición entre las respuestas de los receptores retinianos

La señal nerviosa generada en los conos se utiliza, en la propia retina, para generar tres tipos de señales a las que, como ya dijimos, frecuentemente se les denomina “rojo-verde”, “amarillo-azul” y “acromática”. Como veremos tales señales derivan de la comparación entre señales generadas por distintos tipos de receptores. En los dos primeros casos (“rojo-verde” y “amarillo-azul”) la principal comparación es entre receptores de distinto tipo. En el tercero (“acromática”), es entre receptores de distintas ubicaciones retinianas.

La primera fase de la señal acromática (la única fase representada en la figura 1.3) sería, simplemente, una suma ponderada de los cuatro tipos de receptores retinianos. Esto es, los 3 tipos de conos (**L**, **M** y **C** identificados, respectivamente, por ρ , γ y β) y los bastones. Debido a su distribución media en la retina (mayor o menor frecuencia), el factor de ponderación para los conos ρ , es el doble que el correspondiente a los conos γ y mucho mayor que el correspondiente a los β . Por otra parte, la contribución de los bastones (**S**) sólo se considera relevante en condiciones lumínicas relativamente reducidas.

$$2\rho + \gamma + (1/20)\beta + S = A \quad (3)$$

Sin entrar en más detalles (para más información consúltase Stockman y Brainard, 2010) en el mecanismo acromático las respuestas “A” correspondientes a zonas retinianas próximas se compararían y modularían entre sí.

Pasemos ahora a ocuparnos de las respuestas oponentes más relevantes para entender la percepción del color, aquellas que se refieren a la comparación en la actividad de los distintos tipos de conos (y no de distintas áreas retinianas). De acuerdo a lo indicado por Hunt y Pointer (2011), existirían tres comparaciones básicas: (C_1 , C_2 y C_3) que se definirían del modo siguiente:

$$C_1 = \rho - \gamma \quad (4)$$

$$C_2 = \gamma - \beta \quad (5)$$

$$C_3 = \beta - \rho \quad (6)$$

Como la suma de las tres anteriores es igual a cero ($C_1 + C_2 + C_3 = 0$), con transmitir dos valores el tercero puede deducirse. El canal “rojo-verde” mandaría una señal semejante a C_1 . El canal “amarillo-azul” resultaría de la comparación $C_2 - C_3 = \gamma - \beta - (\beta - \rho) = \rho + \gamma - 2\beta$.

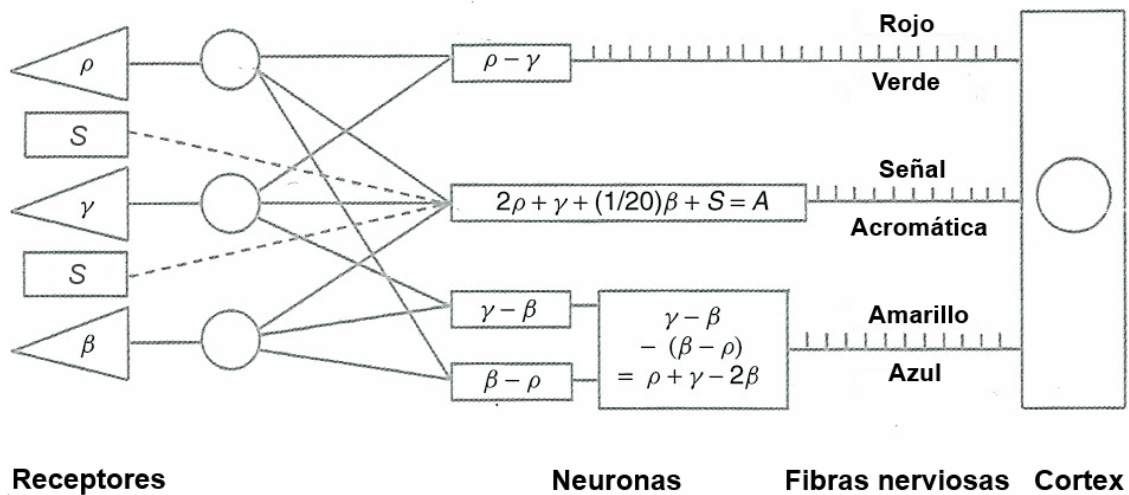


Figura 1.3: Representación esquemática de conexiones entre receptores de la retina y procesamiento visual temprano (adaptado de Hunt y Pointer, 2011).

1.2.4. Los resultados de la oponencia: Sensaciones opuestas y cálculos globales.

Las combinaciones de las respuestas de los conos que se reproducen en la figura 1.3 reflejan sólo la actividad neuronal correspondiente a las fases iniciales del sistema visual. Estas son, por otra parte, las que se conocen mejor (para una descripción más completa véase Stockman & Brainard, 2010). Por otra parte, existen dos formas complementarias de ocuparse del resultado producido por las fases finales. Una se basa en el análisis cualitativo de la compatibilidad de las sensaciones. La otra en los cálculos cuantitativos que permiten predecir la magnitud de las sensaciones.

1. Sensaciones opuestas. Partiendo de análisis introspectivos, Eward Hering (1878), fundador de la teoría de los procesos oponentes, observó la existencia de pares de sensaciones incompatibles entre sí, a las que denominó por ello

“opponentes”. Más concretamente indicó que no se podía experimentar rojo al tiempo que verde, ni azul al tiempo que amarillo. Por ello propuso la existencia de los mecanismos rojo-verde (sería correcto hablar de “rojo o verde”) y azul-amarillo. Estos serían los dos mecanismos oponentes cromáticos. A ellos se añadiría un mecanismo acromático. Del resultado de su funcionamiento surgiría la oposición entre las sensaciones de oscuro y claro.

2. Cuantificación de las sensaciones opuestas. Durante los años 50 Jameson y Hurvich (1955; Hurvich y Jameson, 1957; véase también Hurvich, 1981) desarrollaron un ingenioso procedimiento, denominado “anulación de complementarios” para cuantificar la fuerza con la que se daban las 4 sensaciones opuestas en respuesta a las estimulaciones monocromáticas del espectro visible. En esencia, lo que midieron fue la cantidad de color complementario preciso para anular un determinado tono. Por ejemplo, si una estimulación (por ejemplo de 600 nm) se experimentaba anaranjada (esto es, roja y amarilla) y se quería saber la fuerza de su componente rojizo, lo que se hizo fue determinar la cantidad de verde (presentación aditiva de un estímulo de 500 nm) requerida para que el estímulo se viese amarillento (sin componente rojizo) y no anaranjado. Obviamente, cantidades mayores de verde indicaron una mayor respuesta de rojo en el estímulo inicial.

Los datos producidos mediante anulación de complementarios permitieron conocer la fuerza con la que se experimentaban las 4 sensaciones cromáticas de la teoría de Hering y, por tanto, el resultado final del procesamiento cromático realizado por el sistema visual. Tal resultado fue relacionado por Hurvich, (1981; véase también Hurvich y Jameson, 1957) con los datos iniciales de tal procesamiento, las respuestas de los conos, mediante las ecuaciones que describiremos a continuación (véase CIE, 2004; Moroney et al., 2002, para ecuaciones similares más recientes). Antes de hacerlo indicaremos que tales ecuaciones facilitan realizar hipótesis concretas sobre lo que David Marr (David Marr (1982; véase también Frisby y Stone, 2010, cap. 1), denominó “teoría de cálculo”. Esto es, el tipo de información buscada y la forma de obtenerla a partir de los cálculos efectuados. En el caso de los mecanismos cromáticos puede considerarse (Lillo, 2000, tabla 3.2; Lillo y Moreira, 2013a; capítulo 3) que la

información buscada es la parte del espectro en la que se da un predominio energético relativo. Más concretamente:

1. El **Mecanismo “rojo-verde”**: Buscaría determinar si una estimulación acumula relativamente más energía en la parte central del espectro (en cuyo caso se tendría la experiencia de “verde”) o en sus extremos (en cuyo caso se tendría la de “rojo”)
2. **Mecanismo “azul-amarillo”**: Buscaría determinar si una estimulación acumula relativamente más energía en la parte corta del espectro (en cuyo caso se tendría la experiencia de “azul”) o en la medio-larga (en cuyo caso se tendría la de “amarillo”)
3. En el caso del **mecanismo acromáticos** puede considerarse (Lillo y Moreira, 2013a, capítulo 3) que la información buscada es la cantidad relativa de energía recibida desde una posición espacial. Así, se verían claros las posiciones que mandasen cantidades altas y oscuras las que mandasen cantidades reducidas.

Las ecuaciones concretas propuestas por Hurvich (1981) son las siguientes:

$$\text{Rojo-Verde} = 0,34L + 0,06M - 0,71C \quad (7)$$

$$\text{Azul-Amarillo} = 1,66L + 0,37C - 2,23M \quad (8)$$

$$\text{Claro-Oscuro} = L + M \quad (\text{para cada área espacial computada}) \quad (9)$$

Las ecuaciones 7, 8 y 9 permiten estimar la actividad de los mecanismos oponentes. Para predecir el tono experimentado se compara la actividad generada en un mecanismo cromático con el total de la actividad cromática, en la forma indicada por las siguientes ecuaciones

$$P_{R-V} = |R_{R-V}| / (|R_{R-V}| + |R_{Az-Am}|) \quad (10)$$

$$P_{Az-Am} = |R_{Az-Am}| / |R_{R-V}| + |R_{Az-Am}| \quad (11)$$

Siendo P_{R-V} y P_{Az-Am} la proporción de actividad en el mecanismo rojo-verde y azul-amarillo respectivamente y R_{R-V} y R_{Az-Am} la magnitud absoluta de la respuesta del mecanismo rojo-verde y azul-amarillo. En estas ecuaciones el signo sólo se usa para indicar la dirección de respuesta. Esto es, cuando es positivo indica actividad de los componentes amarillo o rojo y cuando es negativo sus contrarios (azul o amarillo). La direccionalidad expuesta es arbitraria

La siguiente ecuación permite estimar la saturación:

$$S = (R_c / (R_c + R_a)) \cdot 100 \quad (12)$$

El rango de valores de saturaciones posibles (S) iría de 0 a 100, R_c sería la magnitud de la respuesta de los mecanismos cromáticos y R_a es la magnitud de la respuesta del mecanismo acromático.

1.3. Funciones de eficiencia espectral

Como anticipamos en el punto 1.1, las mediciones fotométricas son el resultado de ponderar las medidas radiométricas por la correspondiente función de eficiencia espectral. Veamos, con la ayuda de las figuras 1.4 y 1.5 cuales son las más importantes y para que se utilizan. Puede encontrarse la especificación de estas funciones en las tablas correspondientes de Pokorny y Smith (1986).

Las “funciones de sensibilidad espectral” relacionan, de una parte, la sensibilidad (mayor cuanto menos energía se requiera para lograr una respuesta) con, de otra, las distintas longitudes de onda visibles. Los valores concretos correspondientes a cada función dependen de los dos siguientes aspectos: (1) El rango de intensidades

estimulares en el que se opera (y, por tanto, el tipo de receptor activado) y (2) la magnitud espacial de la estimulación.

Se habla de visión fotópica para referirse a la mediada por los conos y que, por ello, posibilita la visión del color. La función de eficiencia espectral fotópica, $V(\lambda)$, tiene, como puede verse en la figura 1.4, su máximo en 555 nm (luz verde amarillenta). En esta figura también puede verse la función de sensibilidad espectral escotópica $V'(\lambda)$ que corresponde a las bajas intensidades estimulantes en las que la visión es en blanco y negro por depender exclusivamente de las respuestas en los bastones.

Aunque la versión de $V(\lambda)$ que aparece en la figura 1.4 sea la predominante en los cálculos fotométricos y, también, la que incorporan los aparatos fotométricos (Wyszecki y Stiles, 1982). Existen otras dos versiones, representadas en la figura 1.5, que pueden ser útiles en algunas condiciones. La primera es la de Judd (1951), que se usa cuando es importante efectuar mediciones fotométricas precisas en estímulos que acumulan energía en longitudes de onda corta (la corrección estima en forma más adecuada la sensibilidad para este tipo de estímulo). La segunda es la corrección de 1964, utilizada para efectuar mediciones de estímulos relativamente grandes (más de 10°). Como puede observarse, existe una gran similitud entre las tres funciones de $V(\lambda)$ de las que nos hemos ocupado.

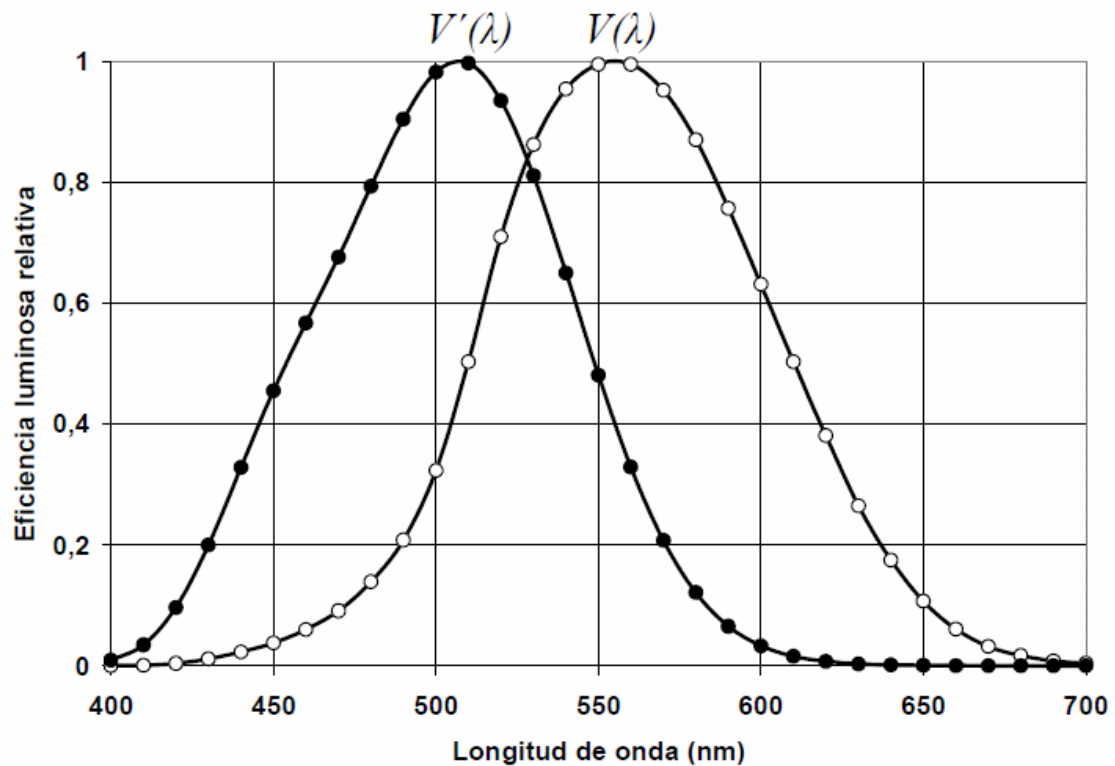


Figura 1.4: Funciones de eficiencia espectral fotópica y escotópica: Observador patrón fotópico $V(\lambda)$ y escotópico $V'(\lambda)$ (Wysecki y Stiles (1982, Tabla 1(4.3.2)).

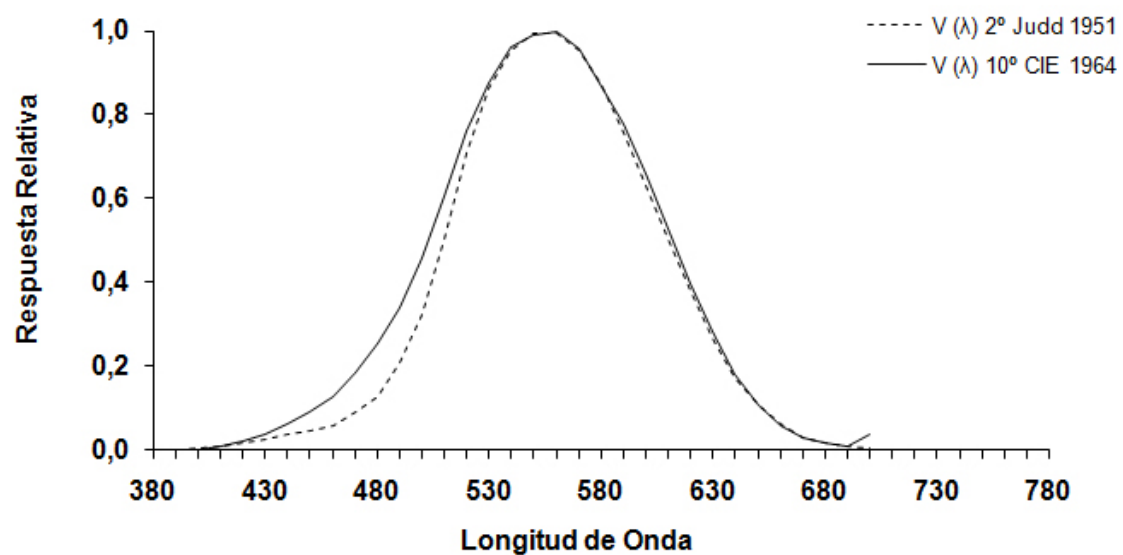


Figura 1.5: Funciones de eficiencia espectral (FEE): para condiciones de observación fotópicas, $V(\lambda)$, con la corrección para longitudes de onda corta de Judd (1951) y para estímulos de más de 10° de ángulo visual (CIE, 1964).

Las mediciones fotométricas pueden ser tratadas como sistemas lineales y realizar la integración de la función para el espectro visual. Esta consideración de linealidad puede aplicarse por el cumplimiento de las leyes de proporcionalidad y aditividad fotométrica. Así el resultado fotométrico X_v , de las medida radiométrica espectral $X_e(\lambda)$ tendría que tener en cuenta los límites espectrales visible (λ_a y λ_b), la función es la función oficial de eficiencia espectral ($V(\lambda)$) y $K_m = 683 \text{ lm/W}$ es la constante fotométrica para condiciones fotópicas (en condiciones escotópicas, habría que sustituir $V(\lambda)$ por $V'(\lambda)$ y K_m por $K'_m = 1700 \text{ lm/W}$).

$$X_v = K_m \int_{\lambda_a}^{\lambda_b} X_e(\lambda) V(\lambda) d\lambda \quad (13)$$

1.4. Dimensiones perceptivas de la estimulación cromática

Las dimensiones que pueden utilizarse para describir la experiencia cromática dependen del tipo de estímulo que la produce. La diferenciación esencial a este respecto es la existente entre los estímulos que se presentan sin un fondo cromático definido (colores no relacionados. P.ej. un punto de luz en la oscuridad) y los que sí lo tienen (colores relacionados, como los que se ven en una escena cotidiana iluminada con luz natural o en la pantalla de un cine, (Kaiser y Boynton, 1996). Hasta fecha reciente ha sido común considerar que los colores no relacionados podían describirse usando sólo tres dimensiones (tonalidad, saturación y brillo), mientras que para los relacionados se ha considerado necesaria una cuarta dimensión (claridad). Además, en los últimos años se han añadido otras dos dimensiones (cromatismo y colorido) en las descripciones (Hunt y Pointer, 2011, Cap. 1; Shevell, 2003, Cap. 4). Hunt y Pointer definen las 6 dimensiones como sigue:

1. **Tono o Matiz (“*hue*”)**: se refiere a la cualidad del color que se percibe (*azul, rojo, etc.*). La variable física más relacionada con el tono es la longitud de onda. El tono se aplica a colores relacionados y no relacionados por igual.
2. **Brillo (“*brightness*”)**: es la intensidad con la que se percibe un estímulo o la mayor o menor emisión aparente de luz (*brillante, apagado, tenue, etc.*). Se relaciona con la intensidad percibida y con la luminancia (véase tabla 1.1).
3. **Claridad (“*lightness*”)**: en situación de colores relacionados, por comparación con los demás, es cuando un estímulo visual parece emitir más o menos luz conforme al área que la rodea (*oscuro o claro*). Está, por tanto, relacionado con la intensidad relativa al entorno.
4. **Colorido (“*colorfulness*”)**: es la apariencia de mayor o menor cantidad del tono de un color. Su relación es con la pureza de excitación (véase apartado 1.5) y la intensidad. Esta variable es relevante para colores relacionados y no relacionados.
5. **Saturación (“*saturation*”)**: proporción al brillo como se juzga el colorido de un estímulo (*rojo vivo, verde apagado, etc.*). Relacionado con la intensidad y la pureza de excitación.
6. **Croma (“*chroma*”)**: sería el colorido de un área en proporción al brillo de un área de alta transmitancia similarmente iluminada. Se relaciona con la intensidad y la pureza de excitación y se aplica sólo a colores relacionados.

1.5. Los números del color: Espacios y diagramas de cromaticidad

La colorimetría es una disciplina científica que, como su propio nombre indica, sirve para medir colores (Lillo, 2000; capítulo 3). La colorimetría ofrece distintas posibilidades respecto a: (1) qué se mide y (2) para qué puede utilizarse lo que se mide. Entender tales posibilidades, y sus limitaciones, requiere saber que las mediciones

colorimétricas parten de: (1) la existencia de estímulos metámeros y (2) la mezcla aditiva de colores. Veamos porqué.

Son estímulos metámeros los que producen la experiencia de un mismo color a pesar de ser físicamente diferentes. Por ejemplo, puede verse con el mismo blanco una camisa en una escena real y en su imagen en un monitor de ordenador. Sin embargo, los estímulos enviados por la camisa real y por el monitor son, con total seguridad, diferentes. Por tanto, es fácil concluir que tales estímulos son metámeros.

Como comentamos en el apartado 1.2, la mezcla aditiva de tres primarios permite crear cualquier tonalidad visible. Por ello, una forma de especificar numéricamente un color sería indicando las cantidades precisas para producir uno de los estímulos metámeros que producen tal color en un observador común. Por ejemplo, si los primarios fuesen cierto rojo (R), cierto verde (V) y cierto azul (A), y si las cantidades precisas para crear cierto amarillo fuesen 80 unidades de rojo, 70 de verde y 0 de azul, el color podría quedar especificado como: 80R, 70V, 0A.

El tipo de especificación comentado en el párrafo anterior tiene una seria limitación: No todos los colores pueden metamerizarse mediante mezcla de primarios. Por ejemplo, aunque un estímulo monocromático de 570 nm pudiese verse con el mismo tono que el estímulo descrito como “80R, 70V, 0A”, tal estímulo monocromático se vería más cromático, no existiendo ninguna mezcla de los primarios capaz de igualar a este monocromático. Por otra parte, sin embargo, se podría hacer una pequeña “trampa” para lograr la igualdad perceptiva entre el color monocromático y el color mezcla: añadir una cierta cantidad (p.ej. 10 unidades) del primario no utilizado (en nuestro ejemplo, el azul) al estímulo monocromático. Al hacerlo se reduciría su saturación y la mezcla “monocromático + azul” se vería del mismo color que la “80 Rojo +, 70 Verde”. Más importante, ahora tendríamos la posibilidad de referenciar el color monocromático de la manera siguiente: 80R, 70V, - 10A. El signo negativo, obviamente, indicaría que la igualación se logró añadiendo cierta cantidad de un primario al color de referencia.

Los próximos apartados se ocupan de algunos “espacios” homologados por la CIE para especificar y medir colores. Antes de describirlos indicaremos que, muy frecuentemente, tales espacios implican la existencia del correspondiente “diagrama de

cromaticidad”. Veamos, pues, cuales son las diferencias entre, “espacios” y, “diagramas”.

Al igual que sucede respecto a las posiciones en el espacio euclidiano, los espacios de la CIE especifican los colores en base a tres variables. Por ejemplo, las cantidades de tres colores reales (RGB) o imaginarios (XYZ, véase apartados 1.5.1 y 1.5.2) precisas para igualar un color de referencia (tales cantidades suelen denominarse “valores tricromáticos”), o los valores de claridad (L^*), tonalidad (H^*) y cromatismo (C^*) que tiene un determinado color. Por el contrario, para los diagramas de cromaticidad las dimensiones que se utilizan son sólo dos (p.ej. “x” e “y”) y, por tanto, se pueden representar en una superficie plana (por ello, suelen denominarse “coordenadas cromáticas”).

Una forma intuitiva de entender la diferencia entre espacios y diagramas es estableciendo una analogía con maquetas y mapas. Una maqueta (o un plano en relieve) representa en forma proporcionada las tres dimensiones del espacio y, sin duda, constituye, una representación muy fidedigna de las características de un entorno. Por el contrario un mapa sólo representa dos dimensiones y, por ello, carece de información sobre la tercera (normalmente la altura). Así, es posible que un mapa de carreteras no permita conocer las altura de las poblaciones (p.ej. Madrid, Navacerrada y Sierra Nevada) y, sin embargo, sea muy útil para realizar múltiples tareas (por ejemplo, que la distancia por carretera entre Madrid y Navacerrada en mucho menor que entre Madrid y Sierra Nevada).

1.5.1 Espacio RGB CIE 1931

Para el desarrollo de los primeros sistemas de representación cromática la CIE se basó en el principio de tricromaticidad (tres primarios permiten crear todas las tonalidades) y el uso de tres primarios rojo (*Red*), verde (*Green*) y azul (*Blue*), por lo que recibe el nombre de RGB. En este espacio la localización de un color se especificaría en base a los valores tricromaticos correspondientes a los primarios utilizados (Hunt y Pointer, 2011, Cap. 3; Wyszecki y Stiles, 1982, Cap. 3)

En 1931 la CIE determinó valores tricromáticos para estímulos de 2° partiendo de los valores de ajuste proporcionados por observadores tricrómatas normales y estableció el Observador Patrón Colorimétrico CIE 1931. En concreto, en el sistema CIE 1931 RGB, como puede verse en la figura 1.6, se definieron las funciones de igualación de color $\bar{r}(\lambda)$, $\bar{g}(\lambda)$ y $\bar{b}(\lambda)$ que recogen los valores triestimulares del estímulo de una unidad de potencia radiante ($P_e = 1W$) para cada una de las longitudes de onda del espectro visible. Los primarios monocromáticos reales del sistema fueron $\lambda_R=700nm$, $\lambda_G=546,1nm$, y $\lambda_B=435,8nm$, (Capilla y Luque, 2002; Kaiser y Boynton, 1996; Hunt y Pointer, 2011, Cap.3; Wyszecki y Stiles, 1982, Cap. 3). En este sistema, los valores triestímulo están ajustados para que

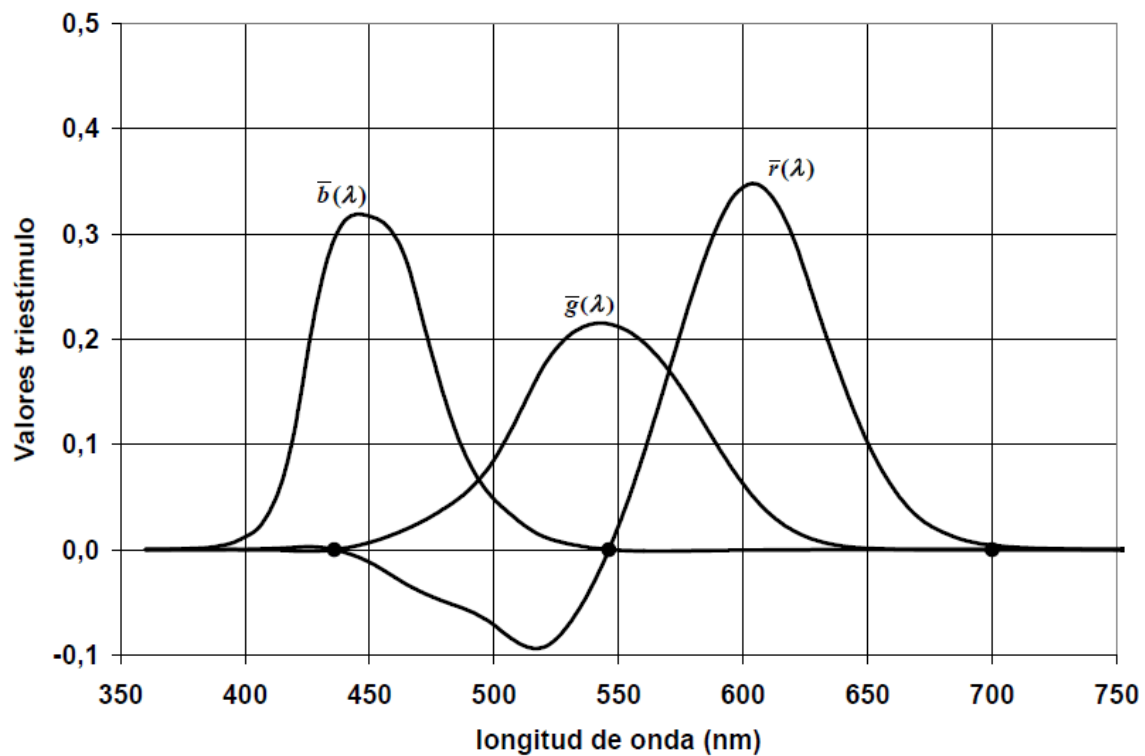


Figura 1.6: Funciones de igualación de color sistema CIE 1931 RGB: en ella aparecen las curvas de los valores triestimulares , y (los círculos negros que aparecen en las curvas se corresponden con la localización de los primarios $\lambda_R=700$, $\lambda_G=546,1$ y $\lambda_B=435,8nm$). A partir de Wyszecki y Stiles (1982, Figura 3(3.3.3))

$$\int_{\lambda_a}^{\lambda_b} \bar{r}(\lambda) d\lambda = \int_{\lambda_a}^{\lambda_b} \bar{g}(\lambda) d\lambda = \int_{\lambda_a}^{\lambda_b} \bar{b}(\lambda) d\lambda \quad (14)$$

Si asumimos un estímulo con función de potencia radiante espectral $P(\lambda)$, los límites del espectro visible $\lambda_a \approx 400\text{nm}$ y $\lambda_b \approx 700$, $\bar{r}(\lambda)$, $\bar{g}(\lambda)$ y $\bar{b}(\lambda)$ las funciones de igualación CIE RGB 1931 y sin olvidar la asunción de la propiedad de linealidad. Entonces los valores R, G, B quedan definidos por las ecuaciones (15) y para que dos estímulos cualesquiera fueran metámeros tendrían que ser iguales su triada de valores, esto es, $R_1=R_2$, $G_1=G_2$, y $B_1=B_2$.

$$R = \int_{\lambda_a}^{\lambda_b} P(\lambda) \bar{r}(\lambda) d\lambda \quad G = \int_{\lambda_a}^{\lambda_b} P(\lambda) \bar{g}(\lambda) d\lambda \quad B = \int_{\lambda_a}^{\lambda_b} P(\lambda) \bar{b}(\lambda) d\lambda \quad (15)$$

Una vez definidos R, G, B, mediante combinación lineal de $\bar{r}(\lambda)$, $\bar{g}(\lambda)$ y $\bar{b}(\lambda)$ podremos hallar la luminancia utilizando la siguiente ecuación

$$V(\lambda) = \bar{r}(\lambda) + 4,5907 \bar{g}(\lambda) + 0.0601 \bar{b}(\lambda) \quad (16)$$

Las coordenadas cromáticas, r y g , que se utilizan en el diagrama de cromaticidad CIE rg (ver figura 1.7), son dos de las tres proporciones tricromáticas que se obtienen dividiendo cada valor triestímulo por la suma de los tres:

$$r = \frac{R}{R+G+B} \quad g = \frac{G}{R+G+B} \quad b = \frac{B}{R+G+B} \quad (17)$$

El resultado son proporciones, donde $r + g + b = 1$ (el estímulo equienergético E tendría valores $r=g=b=0,33$). Esto permite deducir el valor de una de las tres proporciones conociendo el valor de las otras dos ($b = 1 - (r + g)$) y de esta forma, se

puede utilizar la representación bidimensional en diagramas de cromaticidad, deduciendo cuando sea necesario el tercer valor (Figura 1.7):

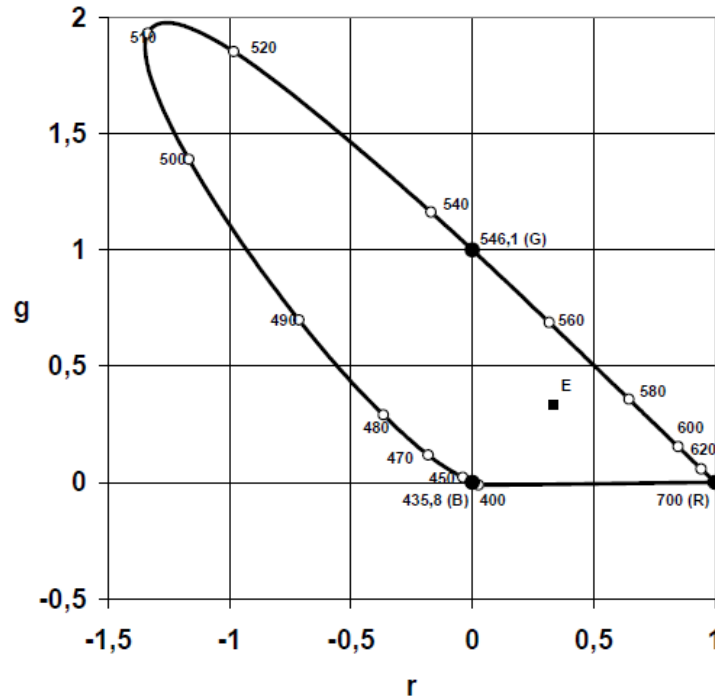


Figura 1.7: Diagrama de cromaticidad CIE rg: proyección bidimensional del espacio de color CIE RGB, donde se representan r y g . Se identifica como E el estímulo equienergético ($r=0.33$ $g=0.33$). Las coordenadas de cromaticidad de los estímulos espectrales forman el locus espectral- La línea denominada de los morados, es la que cierra el diagrama entre los 400 y 700nm (En el gráfico, los círculos negros (R) (G) (B) que aparecen son los primarios $\lambda_R=700$, $\lambda_G=546,1$ y $\lambda_B=435,8$ nm). A partir de Wyszecki y Stiles (1982, Figura 3(3.3.3))

En síntesis, como ya se indicado, el espacio CIE RGB de 1931 presenta una serie de inconvenientes:

1. Respecto a las **funciones de igualación de color** (y, en general, los valores **tricromáticos**), tiene el inconveniente de incluir valores negativos, lo que dificulta la realización de algunos cálculos.
2. Respecto a la especificación de la **luminancia**, requiere, como ya vimos, la **realización de** un cómputo extra (no se especifica directamente).

Estas limitaciones hicieron que la CIE homologase, también en 1931, un espacio mucho más robusto, el XYZ, que será descrito a continuación.

1.5.2 Espacio XYZ CIE 1931

El espacio XYZ se basa en tres primarios imaginarios (tres “colores” inexistentes). Mediante su mezcla se pueden metamerizar todos los colores visibles y, por tanto, todos los valores tricromáticos en este espacio son positivos

El origen del espacio XYZ está en los resultados que también sirvieron para crear el espacio RGB (CIE 1931). Esto es los proporcionados por los experimentos realizados con observadores reales por Guild (1931) y Wright (1928, 1929). Mediante una fácil transformación matricial (ver ecuación 18 a continuación) se pasó del sistema RGB al XYZ. Para determinar la transformación deseada se aplicaron los dos siguientes requisitos:

1. Los estímulos equienergéticos (misma energía en todas las longitudes de onda), debían producir valores tricromáticos idénticos, esto es, $X=Y=Z$.
2. La función de eficiencia espectral de la CIE de 1924 $V(\lambda)$ 2º, debía ser isomórfica a la función correspondiente a la función espectral de los valores tricromáticos de Y.

$$\begin{pmatrix} \bar{x}(\lambda) \\ \bar{y}(\lambda) \\ \bar{z}(\lambda) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2,769 & 1,752 & 1,130 \\ 1 & 4,591 & 0,060 \\ 0 & 0,057 & 5,594 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \bar{r}(\lambda) \\ \bar{g}(\lambda) \\ \bar{b}(\lambda) \end{pmatrix} \quad (18)$$

El resultado de dicha transformación proporciona las funciones de igualación \bar{x} , \bar{y} y \bar{z} en las que, como puede verse en la figura 1.8, no aparecen valores negativos, algo que, como ya se indicó, si ocurría respecto al espacio RGB (Figura 1.6).

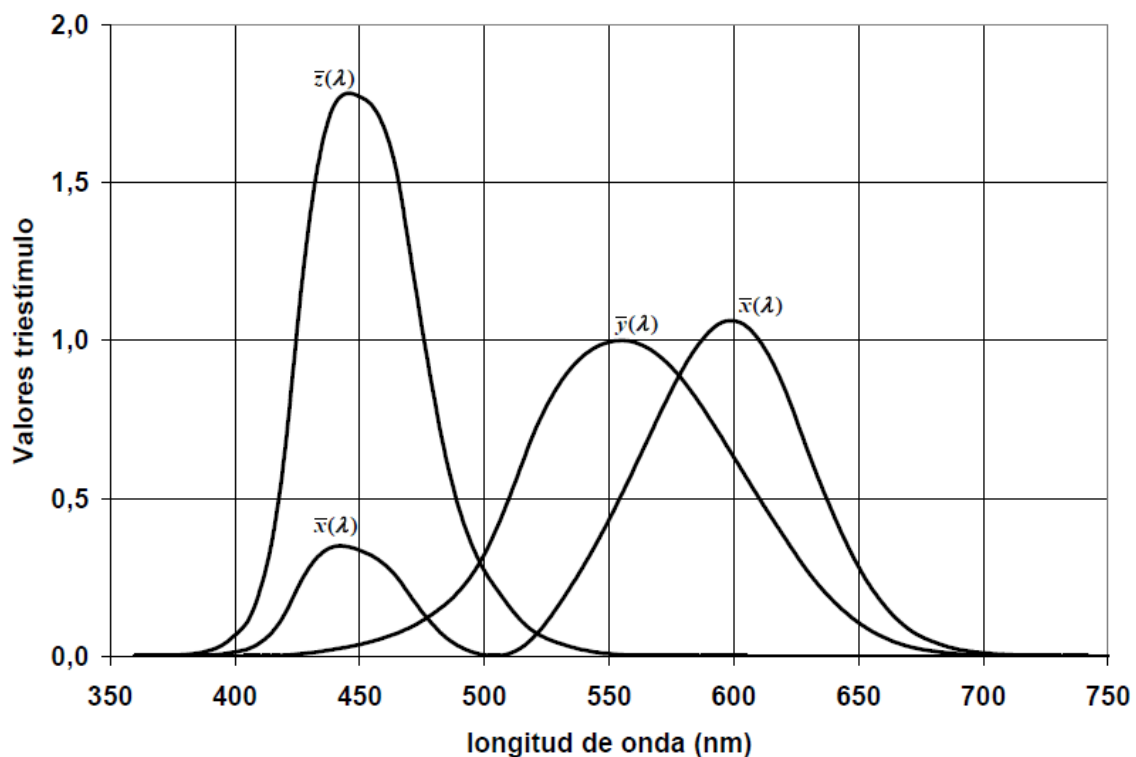


Figura 1.8: Funciones de igualación de color sistema CIE 1931 XYZ: en ella aparecen las curvas de los valores triestímulo $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ y $\bar{z}(\lambda)$. A partir de Wyszecki y Stiles (1982, Figura 3(3.3.3))

La relevancia del viejo espacio XYZ se hace evidente cuando se considera que todos los aparatos estándar de medición colorimétrica se basan en la medición inicial de los componentes triestímulo X, Y y Z. Por otra parte, aunque, como mostraremos más adelante, posteriormente a 1931 se hallan desarrollado espacios de color más adecuados, todos ellos son transformaciones del viejo espacio XYZ, Por ello, las mediciones colorimétricas XYZ permiten una fácil transformación a cualquiera de las dimensiones colorimétricas incluidas en cualquier espacio de la CIE.

El sistema triestímulo XYZ, al igual que ocurría en el RGB, se ajustó para que se cumpliera que:

$$\int_{\lambda_a}^{\lambda_b} \bar{x}(\lambda) d\lambda = \int_{\lambda_a}^{\lambda_b} \bar{y}(\lambda) d\lambda = \int_{\lambda_a}^{\lambda_b} \bar{z}(\lambda) d\lambda \quad (19)$$

Como ya se comentó, al hacer coincidir $V(\lambda)$ 2º con los valores de Y ($\bar{y}(\lambda) = V(\lambda)$), se logró que las mediciones colorimétricas fuesen también fotométricas. Si consideramos que: $L_e(\lambda)$ la radiancia espectral de un estímulo, λ_a y λ_b son los límites del espectro visible, $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ y $\bar{z}(\lambda)$ son las funciones de igualación de color, $K_m = 683$ lm/W y no olvidamos que se cumple la propiedad de linealidad, entonces los valores de X , Y y Z quedan definidos por la ecuación (20) y el metamerismo aparece cuando se igualan los valores $X_1=X_2$, $Y_1=Y_2$, y $Z_1=Z_2$.

$$X = K_m \int_{\lambda_a}^{\lambda_b} L_e(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda \quad Y = K_m \int_{\lambda_a}^{\lambda_b} L_e(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \quad Z = K_m \int_{\lambda_a}^{\lambda_b} L_e(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda \quad (20)$$

Las coordenadas cromáticas con las que representamos los valores x , y y z en el espacio de color CIE XYZ o en el diagrama de cromaticidad CIExy (ver figura 1.9), se obtienen dividiendo cada valor triestimular por la suma de los tres:

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z} \quad (21)$$

El resultado de los valores son proporciones, donde $x + y + z = 1$ (por ejemplo, un estímulo equienergético tendría valores $x=y=z=0,33$). Esto permite deducir uno de ellos conociendo el valor de los otros dos ($z = 1 - (x + y)$) y de esta forma, se puede utilizar la representación en dos dimensiones en diagramas de cromaticidad, deduciendo cuando sea necesario el tercer valor (Figura 1.9):

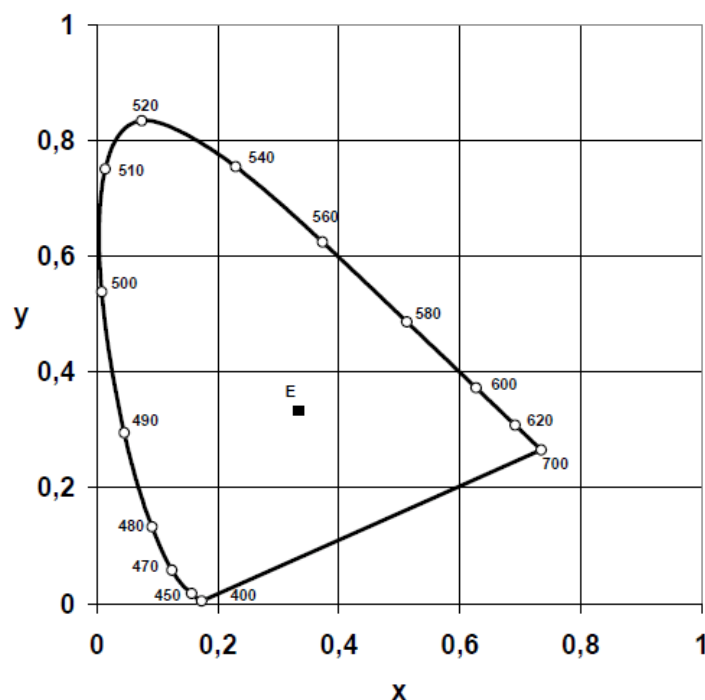


Figura 1.9: Diagrama de cromaticidad CIExy: proyección bidimensional del espacio de color CIE XYZ, donde se representan x e y . Se identifica como E el estímulo equienergético ($x=0.33$ $y=0.33$). La línea denominada de los morados, es la que cierra el diagrama por debajo entre los 400 y 700nm. A partir de Wyszecki y Stiles (1982, Figura 3(3.3.3))

Las principales características del tipo de representación efectuada en el diagrama de cromaticidad CIE xy 1931 son (CIE, 1932):

1. La línea perimetral curva del diagrama representa los **estímulos monocromáticos**. Estos son los que tienden a percibirse con más croma. En las figuras 1.9 o 1.10, se representan algunos de ellos usando círculos blancos (se indica su longitud de onda).
2. El punto $x=0.33$, $y=0.33$, representa los estímulos que se perciben acromáticos (equienergéticos o sus metámeros). Esto incluye, a nivel perceptivo, un continuo que va del *negro* al *blanco*. (ver figura 1.9 o 1.10)
3. Puede aplicarse el principio de **línea de mezcla** a la mezcla aditiva de dos colores. Tal principio indica que cuando unimos con una línea los dos colores mezclados el resultado es siempre un punto en la línea que los une (ver Figura 1.10 a)) estímulos A, B y resultado estímulo M). Por otra parte, el principio de la

línea de mezcla también indica que, puesto que diferentes líneas pueden pasar por un mismo punto como resultado de diferentes mezclas, ese punto (M) es perceptivamente idéntico con independencia de los componentes que generaron la mezcla (pares de estímulos A, B; F, G y E, D), hablamos por tanto de **metámeros** (M). Por otra parte, serían **complementarios**, los estímulos que al unirse en la línea de mezclas definen un diámetro que pasa por el punto acromático (ver Figura 1.10 b)).

4. La **longitud de onda dominante** (λ_D) es un parámetro colorimétrico que está relacionado con el principio de la línea de mezcla y puede definirse de la siguiente manera: cualquier color que se represente mediante un punto situado en el interior del diagrama de cromaticidad puede metamerizarse (crearse mediante mezcla aditiva) mediante una mezcla de dos componentes. Uno se representará en el punto acromático, el otro en el perímetro del diagrama (estímulos monocromáticos y ubicados en la línea de los morados). Como se ve en la figura 1.10 d), la línea (radio) que iría del punto acromático al componente monocromático contendría al color que se metamerizaría. La longitud de onda correspondiente al componente monocromático (o su complementaria, para estímulos en la línea de los morados) sería la longitud de onda dominante (λ_D) del estímulo metamerizado. Los estímulos similares en λ_D y brillo (colores aislados) o claridad (colores de superficie) se perciben con tonalidad similares.
5. Seleccionando un polígono de tres o más vértices podemos determinar todas las mezclas aditivas factibles definidas por dichos primarios, que se corresponderán por el área que determina el polígono formado al unir dichos puntos. La superficie y, por tanto, el número de mezclas posibles dependerán de la selección de los de los primarios (ver figura 1.10 c)).
6. La **pureza** es un parámetro colorimétrico que se especifica en función de la posición relativa ocupada por el punto que representa a un color en un radio del diagrama (valor λ_D constante). En cada radio los colores serían menos puros en la medida en que estuviesen cerca del punto acromático (E, ver figura 1.10). La máxima pureza estaría, obviamente, en el otro extremo del radio (colores

monocromáticos o en la línea de los morados). El mayor grado de pureza tiende a producir mayor cromatismo en el color percibido. Se utilizan normalmente dos escalas diferentes de pureza: la de excitación y la colorimétrica. (se pueden consultar sus fórmulas y definiciones en el Vocabulario del color del Comité Español de Color de la Sociedad Española de Óptica, 2002).

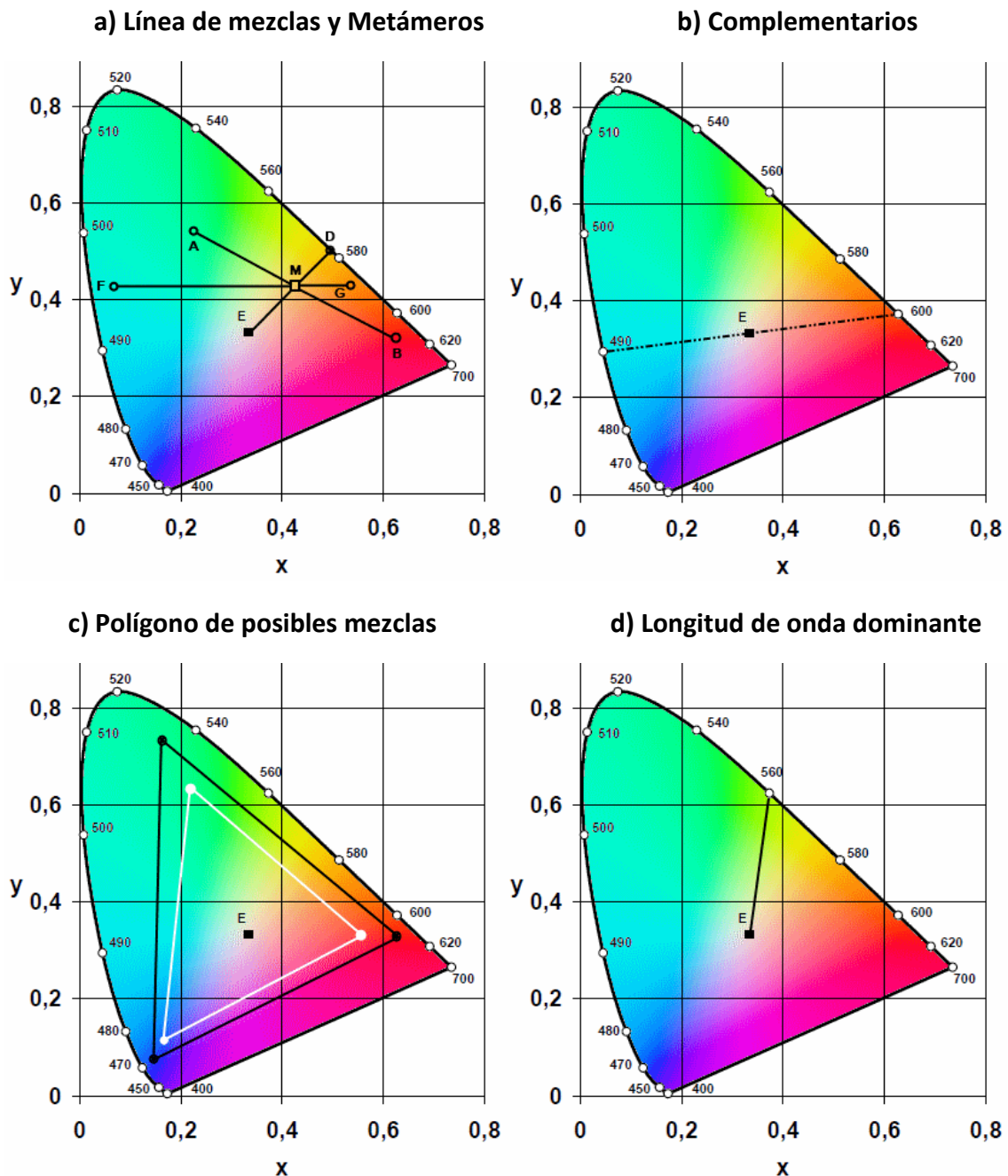


Figura 1.10: Principales características del sistema de cromaticidad CIE xy 1931: a) Línea de mezclas y Metámeros b) Complementarios c) Polígono de posibles mezclas d) Longitud de onda dominante y pureza

El espacio CIE 1931 se basó empíricamente en los ajustes psicofísicos obtenidos utilizando estimulaciones de 2°. Por ello la CIE recomienda su uso para medir estímulos con tamaños entre 1° y 4° (Wyszecki y Stiles, 1982). Para estímulos mayores no hubo mejor referencia hasta 1964, cuando se estableció el *Observador Patrón Colorimétrico Suplementario CIE 1964 (u Observador 10°)*. Los datos psicofísicos de los que se partió para establecerlo fueron similares a los del patrón de 1931, pero utilizando estímulos de 10°. Las funciones de Igualación de color obtenidas, $\bar{x}_{10}(\lambda)$, $\bar{y}_{10}(\lambda)$ y $\bar{z}_{10}(\lambda)$, son muy similares a las representadas en la figura 1.6 (véase Wyszecki y Stiles, 1982 si se desea conocer los valores exactos de estas funciones) y se utilizan de forma semejante.

$$X_{10} = k_{10} \int_{\lambda_s}^{\lambda_h} L_e(\lambda) \bar{x}_{10}(\lambda) d\lambda \quad Y_{10} = k_{10} \int_{\lambda_s}^{\lambda_h} L_e(\lambda) \bar{y}_{10}(\lambda) d\lambda \quad Z_{10} = k_{10} \int_{\lambda_s}^{\lambda_h} L_e(\lambda) \bar{z}_{10}(\lambda) d\lambda \quad (22)$$

$$x_{10} = \frac{X_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}} \quad y_{10} = \frac{Y_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}} \quad z_{10} = \frac{Z_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}} \quad (23)$$

En síntesis, el espacio CIE_{XYZ}, además de identificar qué estímulos son metámeros para el observador medio, presenta las siguientes ventajas respecto al RGB (CIE 1932).

1. Evita valores tricromáticos negativos.
2. Sigue siendo utilizado en los aparatos estandarizados de medición colorimétrica.
3. Proporciona mediciones fácilmente transformables a cualquiera de los espacios de color CIE desarrollados posteriormente.
4. Incorpora un diagrama de cromaticidad que permite hacer predicciones cualitativas importantes relativas a la mezcla aditiva de colores, tales como: a) qué colores pueden obtenerse al mezclar dos (principio de la línea de mezcla) o más (principio del polígono de colores posibles) primarios. b) qué colores anulan su tonalidad al presentarse conjuntamente (colores complementarios, situados en radios distintos de un mismo diámetro).

5. Por otra parte, el espacio CIEXYZ, o el diagrama CIE_{xy} derivado de él, permite definir algunas variables colorimétricas relevantes como son la longitud de onda dominante (λ_D) o la pureza estimular.

Como contrapeso a lo indicado, debe mencionarse que el espacio CIE_{XYZ} tiene, también, importantes limitaciones. La más relevante es que las distancias en este espacio no son adecuadas para especificar las distancias (diferencias) percibidas entre pares de colores. Corregir esta limitación fue la principal motivación para crear los espacios de color CIE L*u*v* y CIE L*a*b*

1.5.3 Espacios de color CIE L*u*v* y CIE L*a*b*

Los experimentos de discriminación cromática más importantes para entender la evolución de los espacios de color fueron realizados por MacAdam (1942, Brown y MacAdam, 1949) a mediados del siglo pasado. En esencia, lo que hizo MacAdam fue muy sencillo: seleccionó un conjunto de estímulos y midió cuanto había que variar cada uno para que se apreciase la diferencia utilizando para ello el espacio CIE_{XYZ}. (y/o el diagrama CIE_{xy}). Si las distancias en este espacio correspondiesen a distancias percibidas, se hubiese obtenido un resultado muy simple: la distancia CIE_{XYZ} precisa para apreciar el cambio debería haber sido siempre la misma y por tanto, debería haber permitido definir esferas de magnitud semejante. En forma similar si, como sucedió en algunos de los experimentos de MacAdam, todos los estímulos utilizados hubiesen sido semejantes en intensidad (luminancia) los resultados deberían haber producido círculos de magnitud semejante en el diagrama de cromaticidad CIE_{xy}. Como puede observarse en la figura 1.11, lo que se obtuvo fueron una serie de elipses que indicaban que la distancia requerida para diferenciar pares de estímulos dependía de la posición concreta del estímulo original de referencia y de la dirección del cambio cromático.

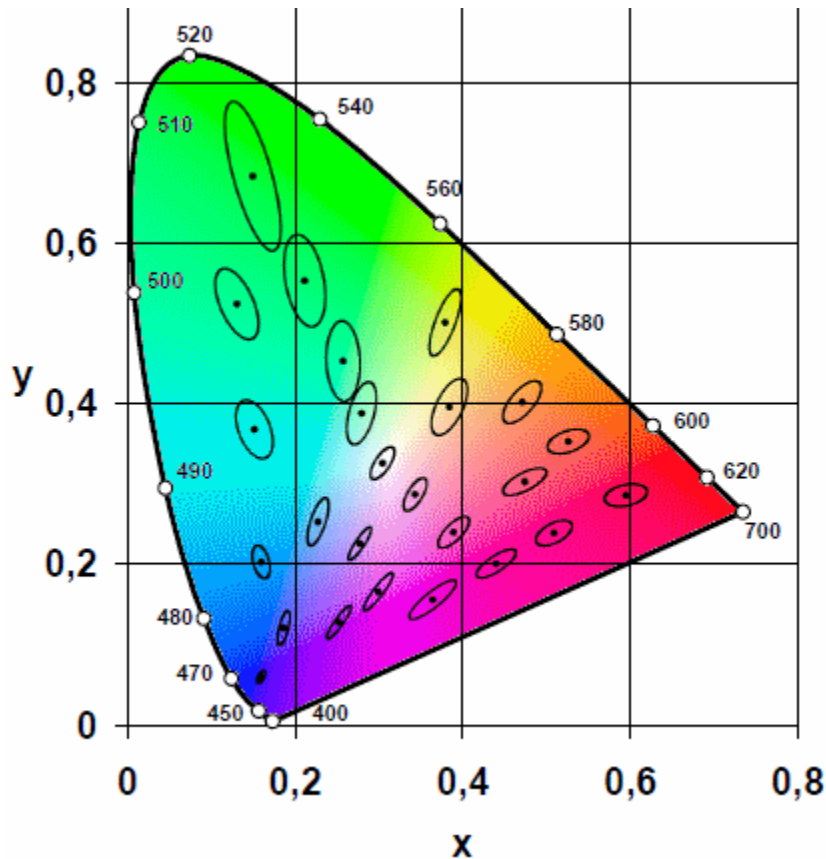


Figura 1.11: Elipses MacAdam (datos del observador "PGN") presentado en diagrama CIE xy 1931. A partir de datos de Wyszecki y Stiles (1982), Tabla 2 (5.4.1).

Partiendo esencialmente de los resultados obtenidos por MacAdam, la CIE coordinó una serie de trabajos con la finalidad de transformar el espacio XYZ en otro más adecuado a las diferencias percibidas entre colores. El objetivo, no plenamente alcanzado, era que la representación de los resultados de discriminación produjera esferas (para el espacio de color) o círculos (para el correspondiente diagrama). El resultado de este esfuerzo fue la creación de los espacios CIE $L^*u^*v^*$ y CIE $L^*a^*b^*$. Ambos fueron establecidos en 1976 (CIE, 1978; Wyszecki y Stiles, 1982; Hunt, 1995; Hunt y Pointer, 2011, Cap. 3).

El primer espacio de color del que nos ocuparemos es el espacio de color CIE $L^*u^*v^*$ o, CIELUV (ambas denominaciones son adecuadas y equivalentes). Este espacio es una modificación del sistema CIE 1964 ($U^*V^*W^*$). Este espacio tiene asociado el diagrama de color CIE 1976 $u'v'$ (ver figura 1.12), relacionado con el diagrama de Cromaticidad (u, v) de 1960 (MacAdam, 1974, 1978; Nickerson, 1975).

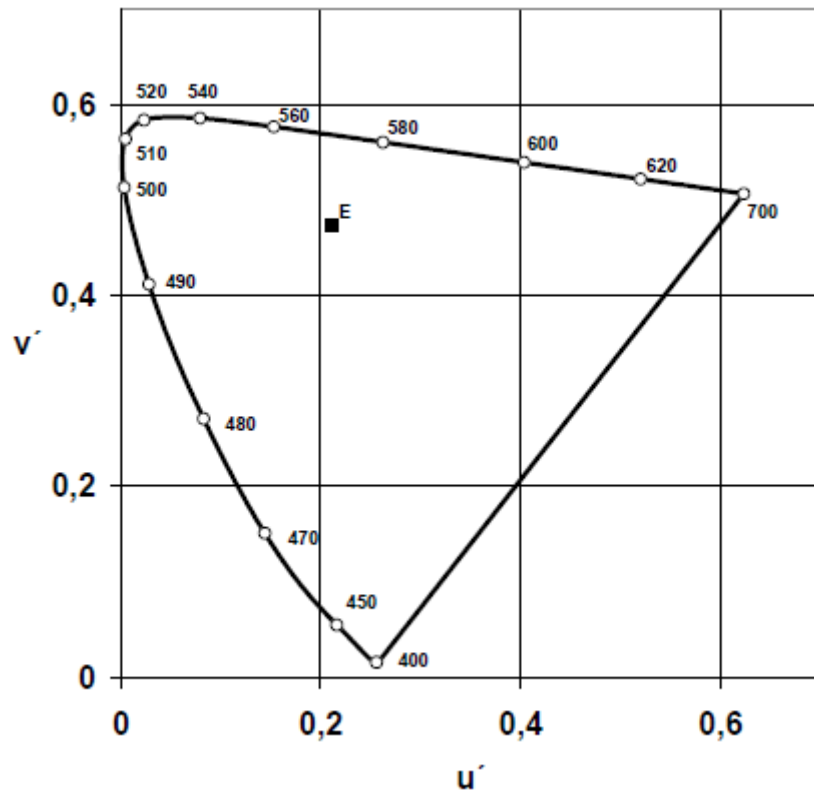


Figura 1.12: Diagrama de cromaticidad CIE $u'v'$: se representan u' y v' y se identifica como E el estímulo equienergético ($u' = 0.21$; $v' = 0.47$) que tiende a percibirse acromático.

El diagrama de color CIE 1976 $u'v'$ se obtiene mediante transformación directa de los valores x e y del diagrama CIE xy de 1931 y utilizando las siguientes ecuaciones:

$$u' = 4x / (-2x + 12y + 3) \quad v' = 9y / (-2x + 12y + 3) \quad (24)$$

si queremos revertir la operación y obtener x , y desde u' , v' tendremos que calcular:

$$x = 9u' / (6u' - 16v' + 12) \quad y = 4v' / (6u' - 16v' + 12) \quad (25)$$

El diagrama de color CIE 1976 $u'v'$ es frecuentemente utilizado para mostrar la relación perceptiva entre estímulos de color, especialmente cuando interesa ver sus

posiciones relativas o su discriminabilidad. Por ello, y por todas las buenas propiedades descritas al hablar del diagrama CIExy (que conserva, por ser una transformación directa del mismo) hace que lo utilicemos en muchas de las representaciones gráficas relacionadas con los resultados obtenidos en esta tesis.

Dos variables muy relevantes relacionadas con el uso del diagrama CIExy son h_{uv} (el ángulo cromático) y S_{uv} (la “saturación” CIE), que se pueden calcular utilizando las siguientes ecuaciones

$$h_{uv} = \arctan[(v' - v'_n)/(u' - u'_n)] \quad (26)$$

$$s_{uv} = 13\sqrt{[(u' - u'_n)^2 + (v' - v'_n)^2]} \quad (27)$$

El ángulo cromático (h_{uv}) serviría para identificar el radio del diagrama de cromaticidad CIExy en el que se sitúa un estímulo. La “saturación” (S_{uv}) CIE sería sólo una forma de medir la distancia entre el punto acromático y el que representa a un estímulo. En breve, sería una forma mejorada de medir la pureza (véase apartado anterior).

Los espacios CIE $L^*u^*v^*$ y CIE $L^*a^*b^*$ comparten una dimensión, L^* , utilizada para estimar la claridad (CIE 1976 *lightness*, L^*). Esta variable se define en base al valor triestímulo, Y del color considerado y del blanco de referencia, esto es Y/Y_n (que es igual a L/L_n , cuando se utiliza el símbolo “L” para representar la luminancia):

$$L^* = 116 f(Y/Y_n) - 16 \quad (28)$$

Para completar los valores que proporcionan la denominación al sistema necesitamos definir u^* y v^* :

$$u^* = 13L^*(u' - u'_n) \quad v^* = 13L^*(v' - v'_n) \quad (29)$$

donde u' , v' serían las proporciones cromáticas correspondientes al estímulo objetivo, y u'_n , v'_n las correspondientes al blanco de referencia. En el caso del Iluminante C y el Observador Estándar CIE 1931, u'_n y v'_n toman los valores $u'_n(C)=0,2009$ y $v'_n(C)=0,4610$

En el espacio CIE $L^*u^*v^*$ existen dos ecuaciones que permiten establecer la distancia apreciada entre dos estímulos (ΔE^*). La primera, computable a partir de las variables que ya hemos definido, sería la siguiente;

$$\Delta E^* = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta u^*)^2 + (\Delta v^*)^2)^{1/2} \quad (30)$$

La segunda, que proporcionaría resultados similares a la anterior, se basaría en las diferencias en tres variables con una relación clara con las dimensiones normalmente utilizadas para describir colores (véase apartado 1.4): variación en claridad (ΔE^*) variación en cromatismo (ΔC^*) y variación en tono (ΔH^*):

$$\Delta E^* = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*)^2 + (\Delta H^*)^2)^{1/2} \quad (31)$$

El cómputo de las variaciones en cromatismo (ΔC^*) y tono (ΔH^*) requiere computar algunas variables intermedias. Las ecuaciones que permiten computar estas variables son:

$$C^* = L^* s \quad (32)$$

$$C^*_{uv} = (u^{*2} + v^{*2})^{1/2} = L^* s_{uv} \quad (33)$$

Para calcular ΔH^* podemos utilizar:

$$\Delta H^*_{uv} = \sqrt{(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2} \quad (34)$$

El espacio CIE 1976 L*a*b* (CIELAB), tiene un origen distinto al del CIELu*v*, procede de los sistemas tipo raíz cúbica (Glasser *et al.*, 1958) como es el Sistema ANLAB (Glasser y Troy, 1952) y su representación es en coordenadas rectangulares para claridad, L* y cromaticidad, a*, b*. No tiene relación directa con el diagrama de cromaticidad CIE 1931 xy ni permite confeccionar un diagrama de cromaticidad alternativo a este.

El valor de L* es igual que en CIELUV, siendo a* y b* calculadas en relación a los valores triestimulares del estímulo (X, Y y Z) y del blanco de referencia (X_n, Y_n y Z_n), siendo estas para el iluminante C y el *Observador Estándar CIE 1931*, X_n=98,041 Y_n=100 Z_n=118,103:

$$a^* = 500(X / X_n)^{1/3} - (Y / Y_n)^{1/3} \quad b^* = 200(Y / Y_n)^{1/3} - (Z / Z_n)^{1/3} \quad (35)$$

cuando X/X_n , Y/Y_n ó Z/Z_n son $\leq (6/29)^3$, es sustituido en las ecuaciones 33 por $7,787(X/X_n)+16/116$, $7,787(Y/Y_n)+16/116$ ó $7,787(Z/Z_n)+16/116$.

Los valores de h*_{ab} y C*_{ab} y ΔE*_{ab} se calculan de forma similar a CIELUV:

$$h^*_{ab} = \arctan(a^* / b^*) \quad (36)$$

$$C^*_{ab} = (a^{*2} / b^{*2})^{1/2} \quad (37)$$

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (38)$$

Aunque algunos estudios (p.ej. Lozano, 1977, 1979) han encontrado algunas ventajas en la medición en base al espacio CIELAB, durante las últimas décadas se ha considerado que, respecto a lo que más interesa a esta tesis ((la caracterización cromática de los estímulos), ambos espacios son igualmente adecuados (McLaren, 1970; 1981). En síntesis, CIELUV y CIELAB permiten especificar colores en forma mucho más adecuada que los viejos espacios establecidos por la CIE en 1931 (RGB, XYZ). Sin embargo, no han permitido alcanzar el objetivo de lograr que las elipses de

MacAdam se conviertann en círculos de tamaño constante. En cualquier caso, los espacios de 1976 son los normalmente utilizados para especificar y comparar las posiciones ocupadas por las categorías de color básicas de los distintos idiomas (p.ej. Lillo, Moreira y Vitini y Martín, 2007). Por tal motivo, en esta tesis se utilizarán como espacios de referencia.

Capítulo 2

Categorías de Color Básicas: Variaciones entre idiomas

En este capítulo se presentan los conceptos de “Término de Color Básico” (TCB) y de “Categoría de Color Básica” (CCB) surgidos en relación con la teoría de Berlín y Kay (1969). También se hace una descripción de las investigaciones relacionadas con el origen de tales categorías en el marco de la polémica universalismo-relativismo. Los conceptos que se introducen en este capítulo son muy importantes respecto al contenido empírico de esta tesis, ya que en ella se van a comparar las CCBs y los TCBs de tres versiones del idioma Español (Castellano, Mejicano y Uruguayo).

En la primera parte de este capítulo se especifica a qué nos referimos cuando se habla de TCBs o de CCBs, así como la relación existente entre estos dos conceptos. Posteriormente abordaremos el origen de las CCBs, considerando dos posibilidades extremas para explicar la relación lenguaje-percepción. De acuerdo con una (relativismo radical) el lenguaje determinaría la percepción cromática, de acuerdo con la otra (universalismo radical) sucedería exactamente lo contrario.

En este capítulo se mostrará que la denominación del color no solo es la base de diferentes técnicas para el estudio de la percepción del color. También es un objeto de estudio en sí mismo. Se mostrará que el estudio de las categorías del color básicas no concierne sólo a la psicología sino también a disciplinas tales como la lingüística o la antropología. Desde este interés multidisciplinar es como mejor se entenderán los trabajos empíricos que se llevaron a cabo durante gran parte del siglo pasado comparando lenguas diferentes de todo el mundo.

2.1. Términos y Categorías Básicas de color

Muy frecuentemente se utilizan como equivalentes las expresiones “básic color *terms* (términos básicos de color; véase, p.ej. Davies y Corbett, 1994; 1997) y “basic color *categories* (categorías básicas de color véase, p.ej. Lillo *et al.*, 2007). En esta tesis, sin embargo, hablaremos de TCBs (Términos de Color Básicos) cuando nos refiramos a *las palabras* que permiten denominar conjuntos de colores, mientras que hablaremos de CCBs (Categorías de Color Básicas) cuando nos refiramos a cada conjunto perceptivo en sí mismo. Un ejemplo, basado en los datos que se presentan en el Capítulo 3 de esta tesis, resultará bastante aclarativo respecto a las diferencias entre TCBs y CCBs.

La aplicación de la técnica de las listas elicítadas (véase apartado 3.2.2) ha mostrado que existen dos palabras, *marrón* y *café*, usadas para denominar los mismos colores (véase apartado en esta tesis de datos mexicanos y españoles), bien por los mejicanos (*café*), bien por los castellanos (*marrón*). Por tanto, podemos concluir que una de estas palabras se incluye entre los TCBs de mejicanos (*café*) o castellanos (*marrón*). Por otra parte los colores que se denominan mediante una de estas palabras son el referente perceptivo de una misma categoría (una misma CCB) que se identifica mediante dos términos diferentes (dos TCBs). Sintetizando, en esta tesis se considera que:

1. **Los Términos de Color Básicos (TCB):** son el menor conjunto de palabras (términos) suficientes para denominar todos los colores en un lenguaje determinado.
2. **Las Categorías de Color Básicas (CCB):** Son los referentes perceptivos de los TCBs. Los colores concretos que pueden denominarse utilizando cada TCB.

Se insiste en indicar que, aunque en esta tesis se diferencie entre CCBs y TCBs, es frecuente utilizar una sola de estas expresiones para referirse tanto a términos como a categorías. Así sucede, como veremos, en el famoso trabajo de Berlín y Kay (1969) con el que se iniciaron las investigaciones sobre TCBs. Antes de ocuparnos de la descripción de este trabajo y de su relación con la parte empírica de esta tesis es necesario acometer dos cuestiones:

1. Clarificar la relación existente entre los espacios de color CIE y el uso de categorías de color.
2. Comentar dos posiciones extremas sobre el origen de las CCBs a las que denominaremos universalismo y relativismo radical.

2.2. Categorías de color y espacios de color

En el capítulo anterior se comentó que cada punto de un espacio de color homologado por la CIE: (1) permite representar colores percibidos por el observador medio (y no estímulos físicos) y (2) se encuentra rodeado de puntos que representan colores similares. Por otra parte, (3) la posición de un color en tales espacios puede especificarse en base a dimensiones psicofísicas de carácter continuo. Por ello, al menos numéricamente, es posible establecer relaciones de orden (cuantitativas) entre cualquier par de colores. Algo que, como ejemplificaremos a continuación, no es posible cuando se utilizan categorías de color. Nuestros comentarios se basarán en los resultados proporcionados por diferentes estudios (Lillo *et al.*, 2007; Boynton y Olson, 1987; 1990; Lin, Luo, MacDonald y Tarrat, 2001a, 2001b, 2001c) en los que se han determinado los subvolumenes ocupados por cada categoría básica en los espacios de color.

Las dimensiones L^* y C^* (véase apartado 1.5 en el capítulo anterior) son ejemplos de continuos psicofísicos utilizados en los espacios CIE que permiten establecer relaciones de orden. Así, los colores altos en L^* se ven claros (y no oscuros), al tiempo que los colores altos en C^* tienen un alto nivel de cromatismo (son “colores vivos”). En síntesis, L^* y C^* son dimensiones psicofísicas que (1) permiten establecer relaciones cuantitativas entre colores relacionadas con (2) algunas de las propiedades que se experimentan en un color (claridad, cromatismo). Por otra parte, como veremos, tales relaciones ordinales no se dan para la tonalidad (la variable perceptiva más relacionada con el ángulo cromático (h_{ab})), ni para las categorías de color. Veamos por qué.

Aunque es posible establecer relaciones cuantitativas entre ángulos cromáticos y decir, por ejemplo, que 180° es más que 5° . No es correcto decir que tales relaciones se

dan entre las tonalidades relacionadas con tales ángulos (un azul turquesa no es más o menos tonalidad que un rojo, es una tonalidad diferente). Entre tonalidades sólo se puede hablar de relaciones cualitativas de igualdad-diferencia. Aún más importante, las dimensiones psicofísicas establecidas por la CIE no permiten definir reglas de carácter general para el troceado de los espacios de color efectuado mediante el uso de categorías de color (véase p.ej. Lillo, Aguado, Moreira, y Davies, 2004; Lillo, Moreira, Vitini, y Martín, 2007). En términos más concretos, la utilización de dimensiones como L^* , C^* o h_{ab} no permite definir propiedades similares para los subvolúmenes correspondientes a todas las categorías de color. Como veremos a continuación, tal falta de homogeneidad se da tanto respecto a las posiciones ocupadas por cada categoría, como respecto a su extensión.

En lo que tiene que ver con la ubicación, es evidente que las categorías acromáticas (blanco, negro y gris), tienen sus mejores representantes en colores bajos en C^* , sucediendo lo contrario para las cromáticas (rojo, azul, etc.). En lo que tiene que ver con el tamaño de los volúmenes ocupados por cada categoría, este puede ser muy reducido. Esto es, en términos relativos, algunas categorías, como las de rojo, blanco o negro, se aplican a muy pocos colores, mientras que otras, como las de azul, verde o gris, denominan conjuntos mucho mayores y, por tanto, volúmenes de magnitud mucho mayor. Concretando lo anterior en términos dimensionales (véase, por ejemplo, Lillo *et al.*, 2007, figuras 3, 4 y 5). Mientras que algunas categorías (rojo, amarillo, blanco, negro, etc.) sólo se aplican a colores similares en L^* (las de rojo y negro para colores oscuros, las de amarillo y blanco para colores claros), otras sirven para denominar colores de valores L^* muy variados (gris, azul, verde, etc., se utilizan para denominar estímulos claros, medios y oscuros). En la misma línea, aunque algunas categorías se aplican sólo a colores con un rango restringido de valores C^* (rojo, naranja, blanco, etc.), otras (p.ej. amarillo, verde, azul, etc.) se usan con colores que pueden variar mucho en esta variable. En síntesis, aunque dimensiones psicofísicas como L^* , C^* o h_{ab} pueden utilizarse para ordenar cuantitativamente colores y/o para localizar los que se incluyen en una categoría, tales dimensiones no permiten establecer reglas comunes a todas las categorías ni, mucho menos, explicar “*per se*” las causas del troceado del espacio de color producido al utilizar las categorías de color incluidas en un idioma.

Lo único que puede afirmarse con carácter general respecto a las categorías de color básicas es que el cambio entre ellas implica algún tipo de variación cualitativa.

Entendiéndose “variación cualitativa” de manera muy amplia (alguna cualidad cambia al cambiar de categoría). En línea con lo anterior, es correcto indicar que todos los colores incluidos en una categoría deben compartir al menos una cualidad, aunque puedan ser diferentes en otros aspectos. Pongamos algunos ejemplos para aclarar más de que estamos hablando.

Todos los colores incluidos en la categoría *azul* por los hablantes del Español que se habla en España (“Castellano”) comparten un aspecto cualitativo: se perciben con una tonalidad en la que domina claramente una de las experiencias elementales de Hering (la de *azul*). Por otra parte, se dan grandes diferencias entre los colores incluidos en esta categoría. Algunos tienen un alto cromatismo, otros no. Algunos son claros, otros oscuros. Algunos sólo permitirán percibir un tono azul, otros también algunas tonalidades secundarias, etc. En síntesis, dentro de una CCB encontramos colores fácilmente discriminables que, sin embargo, comparten una misma cualidad. Tal cualidad se modifica cuando se cambia de categoría. Por ejemplo, si en un color se aprecian simultáneamente y con fuerza dos tonalidades elementales, las de *azul* y *rojo*, los castellano-hablantes incluirían este color en la categoría de *morado* y no en la de *azul*.

La causa de que anteriormente dijéramos que se entendía “de una manera muy amplia” la variación cualitativa entre categorías, es que esta idea se aplica también cuando el cambio se da entre categorías acromáticas. Esta es la situación que se da para las transiciones negro-gris y gris-blanco. En ambos casos se pasaría de colores en los que domina una sola sensación (blanco o negro) a otros en los que ambas coexisten en grado apreciable (grises, blanco y negro).

2.3 Posturas extremas relacionadas con el origen de las Categorías de Color Básicas

En este apartado se describen dos posiciones extremas, y sin duda inadecuadas, para explicar el origen de las CCBs. La primera, a la que denominaremos “universalismo ingenuo”, asume que la percepción determina completamente la

categorización de color. De acuerdo con ella los lenguajes sólo podrían diferir respecto a los términos utilizados para denominar conjuntos similares de CCBs (las diferencias se referirían solo a la identidad de los TCBs). La segunda posición, a la que denominaremos “relativismo radical” asume que el espacio de color se puede segmentar en forma completamente libre y que, por tanto, puede esperarse cualquier variación entre las CCB de distintos idiomas. En términos más concretos, de acuerdo al relativismo radical los idiomas podrían diferir tanto respecto al número de CCBs, como respecto a los colores incluidos en cada CCB.

2.3.1 Universalismo ingenuo

Esta postura teórica no ha contado con el apoyo de ningún autor relevante. Será descrita aquí para clarificar una concepción que, puede considerarse, corresponde al sentido común del hombre de la calle. De acuerdo con ella las semejanzas perceptivas existentes entre la mayor parte de los seres humanos determinarían el troceado del espacio de color efectuado por las categorías de color básicas (la percepción determinaría la estructura del lenguaje). Por tanto, los lenguajes sólo podrían diferir respecto a los TCBs usados para denominar un mismo conjunto de categorías de color básicas.

Entre los estudiosos del color fueron pronto evidentes las limitaciones de la “postura del sentido común” para explicar las diferencias inter-idiomáticas. Así, a mediados del siglo XIX, varios estudiosos (Gladstone, 1858, Geiger, 1880, citados en Regier, Kay, Gilbert y Ivry, 2010) observaron que los hablantes de algunas lenguas escritas antiguas no nombraban los colores con la precisión y consistencia con la que se hacía en las lenguas europeas modernas, por lo que propusieron la existencia de una secuencia evolutiva universal en la que el vocabulario del color debía cambiar en forma paralela a una supuesta evolución biológica del sentido del color. En relación con esta concepción merece especial mención William Ewart Gladstone, debido a que algunas de sus ideas anticiparon parcialmente a la teoría de Berlín y Kay (1969). Como se verá (apartado 2.4), esta teoría postula que ciertos factores perceptivo-cognitivos, de carácter universal, explican algunas semejanzas importantes entre las categorías de color incluidas en idiomas diferentes.

Gladstone fue un estudioso de Homero y de otros autores clásicos griegos. Observó que en sus textos apenas existían alusiones a los colores, por lo que dedujo que los Griegos clásicos no veían los colores como lo hacen los europeos contemporáneos. En sus propias palabras, pensaba:

" ... that the organ of color and its impressions were but partially developed among the Greeks of the heroic age" (Gladstone, 1858 III:457-499 citado en Kuehni, 1981, y también en Berlin y Kay, 1969)

"... que el órgano de color y sus impresiones no se había desarrollado más que parcialmente entre los griegos de la época heroica".

Geiger (1880, también citado en Regier *et al.*, 2010) amplió las ideas de Gladstone. Desarrolló la hipótesis de que la conciencia cromática podía desarrollarse y, lo que es quizás más importante, que tal desarrollo debía seguir un orden relacionado con las posiciones relativas de los colores en el espectro, de forma que primero se tendría consciencia de los colores asociados a las longitudes de onda más largas (rojos, naranjas, etc) y luego las más cortas. Esta idea, la existencia de una secuencia de carácter universal en el desarrollo de la capacidad para apreciar y denominar colores, sólo tuvo un apoyo minoritario. Por el contrario, lo más común durante la segunda mitad del siglo XIX y la primera del XX fue asumir la posición teórica del relativismo radical, de la que nos ocuparemos en el próximo apartado, Antes de hacerlo haremos explícitos los principales datos empíricos que no pueden explicarse desde la posición del “sentido común” (universalismo radical), en la que, como hemos dicho, se asume que los idiomas sólo pueden diferir respecto a sus TCBs (y no a las CCBs).

1. Las categorías influyen en el funcionamiento perceptivo. Fenómenos como la percepción categorial (véase apartado 2.5, Franklin, Drivonikou, Bevis, Davies, Kay y Regier, 2008a) muestran que el cruce de fronteras categoriales facilita, sólo en los lenguajes que las poseen, la ejecución de algunas tareas perceptivas (p. ej. La búsqueda visual). Por tanto, indican que el lenguaje puede afectar al funcionamiento perceptivo y, por tanto, a la cognición.

2. Es posible aprender categorías de color definidas en base a criterios arbitrarios. Tal y como han mostrado los estudios de (Özgen y Davies, 2002; Gilda, Drivonikou, Clifford, Franklin, Özgen y Davies, 2011) (ver apartado 2.5).
3. Las personas con alteraciones importantes en la percepción de color, tales como los dicrómatas rojo-verde (Lillo *et al.*, 2014; Moreira *et al.*, 2014) o las personas mayores (con o sin tritanomalía, Lillo *et al.*, 2012) utilizan, en forma razonablemente adecuada, los mismos BCTs que los observadores comunes, aunque sus experiencias perceptivas son muy diferentes.

2.3.2 Relativismo radical

Lo que entre los estudiosos de la cognición humana se conoce como la “hipótesis Sapir-Worf” (atendiendo a sus principales autores), es una posición teórica cuyo marco de aplicación no se limita al uso de las categorías de color, sino que se extiende a la cognición en general. De acuerdo con tal hipótesis existe una importante relación entre las categorías gramaticales del lenguaje hablado por alguien, y la forma en cómo ese alguien entiende y conceptualiza el mundo. Dicho sintéticamente, la hipótesis Sapir-Worf postula que el lenguaje determina la forma en que se conceptualiza, memoriza y clasifica la realidad. La lengua determinaría el pensamiento del hablante, incluyendo en este las categorías empleadas para organizar las experiencias cromáticas. En las palabras de un autor relativista:

“The segmentation of experience by speech symbols is essentially arbitrary. The different sets of words for color in various languages are perhaps the best ready evidence for such essential arbitrariness” (Nida 1959, p13)

La segmentación simbólica de la experiencia hablada es esencialmente arbitraria. La existencia de distintos conjuntos de palabras para el color utilizados en idiomas diferentes es probablemente la mejor evidencia de tal carácter arbitrario.

Esto es, para Nida las categorías de color no derivan de factores universales relacionados con la percepción (p.ej. semejanzas cualitativas percibidas por todos los humanos con visión cromática común), sino que resultan de la imposición arbitraria de la estructura lingüística a la percepción del color. Por ello, la segmentación-agrupamiento de colores experimentada por personas de culturas diferentes sería arbitraria respecto a la percepción y podría dar lugar a segmentaciones-agrupamientos de colores completamente distintas en idiomas diferentes. Sirvan las dos citas siguientes para mostrar cómo entienden algunos relativistas el origen de las franjas de colores normalmente vistas al contemplar el arco iris.

“Our [lexical] partitioning of the spectrum consists of the arbitrary imposition of a category system upon a continuous physical domain” (Krauss, 1968, p. 268-269).

Nuestra división del espectro consiste en la imposición arbitraria de un sistema de categorías en un dominio físico continuo.

There is a continuous gradation of color from one end of the spectrum to the other. Yet an American describing it will list the hues as red, orange, yellow, green, blue, purple, or something of the kind. There is nothing inherent in the spectrum or the human perception of it which would compel its division in this way” (Gleason, 1961, p. 4).

Hay una gradación continua de color desde un extremo al otro del espectro. Sin embargo, al contemplarlo un estadounidense haría una lista de tonos de color similar a la siguiente: rojo, naranja, amarillo, verde, azul, púrpura. No hay nada inherente en el espectro o la percepción humana del mismo que obligue a que se efectúe la división comentada.

Antes de seguir analizando los supuestos de los autores relativistas debemos indicar que, frecuentemente, sus conocimientos en física, fisiología y psicología del color son reducidos e inexactos. Prueba de ello es que las dos últimas citas asumen que el sistema visual humano responde, directamente, a “un dominio físico continuo” que

produce “una gradación continua de color”. La lectura de los apartados 1.1 a 1.4 en el capítulo anterior permite recordar algunas de las razones por las que tales supuestos son erróneos. Aquí simplemente recordaremos que:

1. La longitud de onda es una dimensión física (un continuo de ondas electromagnéticas).
2. En efecto, el sistema visual humano responde a tales ondas cuando sus longitudes de onda están entre, aproximadamente, 400 y 700 nm. Sin embargo,
3. Tal respuesta se hace en base a varios mecanismos cuya interacción produce inevitables discontinuidades en la respuesta. A nivel de conos retinianos, las discontinuidades tienen que ver con
 - a. la identidad de los conos que responden a la luz y
 - b. la magnitud relativa de sus respuestas.

En síntesis, aunque pueda existir una continuidad entre las longitudes de onda, los mecanismos fisiológicos que responden a la estimulación visible producen, inevitablemente y al margen del lenguaje, discontinuidades similares en los miembros de la especie humana.

Las versiones más recientes de teorías que pueden considerarse relativistas, por ejemplo la que defiende Roberson y sus colaboradores, (Roberson, Davies y Davidoff, 2000; Roberson, Davidoff, Davies y Shapiro, 2004; Roberson, Pak y Hanley, 2008; Roberson y Hanley, 2010; Hanley y Roberson, 2011; Roberson, 2012), han sido formuladas por autores con mejor conocimiento de las bases físico-fisiológico-perceptivas de las experiencias cromáticas y, por eso, no cometen errores como los comentados en párrafos anteriores. En cualquier caso también asumen la ausencia de restricciones perceptivas importantes respecto a las posibles segmentaciones categóricas del espacio de color (número y localización colorimétrica de las categorías). Las dos únicas limitaciones asumidas, implícita o explícitamente, relativas al resultado del procesamiento del color común a la mayor parte de los miembros de la especie humana serían las siguientes.

La primera limitación, asumida implícitamente, se relaciona con la propia existencia del espacio de color. En este, recuérdese, cada punto no corresponde a un estímulo sino a un conjunto de metámeros. Lo que se asume es que este espacio es esencialmente similar para todos los observadores comunes de la especie humana. Por tanto, los estímulos que serían metámeros para un occidental (p.ej. el que produce el blanco en un monitor de televisión y el que lo produce en una escena real), también lo serían para una persona de otra cultura.

La segunda limitación, asumida explícitamente, es la de que debe existir contigüidad entre los colores incluidos en una CCB. Esto es, tales colores deben ocupar posiciones contiguas y, por tanto, siempre debe ser posible moverse, dentro del espacio de color, entre colores de una misma categoría sin tener que pasar por colores de otras categorías. (¡no puede haber “huecos” en la especificación colorimétrica de un término de color básico!).

Como ya indicamos, las versiones más recientes del relativismo lingüístico siguen asumiendo que existe plena libertad para segmentar el espacio de color y que este se basa, mediante los correspondientes mecanismos de aprendizaje, en la estructura de la lengua original de un hablante. En contra de esta concepción estarían los siguientes hechos:

1. Ciertos colores tienden a escogerse como mejores ejemplares de categorías básicas o de cambios entre categorías en muchos idiomas diferentes (Kay y Regie, 2003) Dicho con otras palabras, ciertas posiciones del espacio de color se asocian, en idiomas distintos, a mejores ejemplares de categorías o a transiciones entre categorías.
2. Existen claras semejanzas colorimétricas entre las categorías de color utilizadas por niños prelingüísticos y adultos (Franklin y Davies, 2004; Franklin, Drivonikou, Bevis, Davies, Kay, y Regier, 2008a). Se han encontrado incluso semejanzas entre las segmentaciones del espacio de color realizadas por humanos y macacos (Sandell, Gross y Bornstein, 1979, la visión cromática de los macacos es muy similar a la humana).

2.4 Factores Universalistas: La teoría de Berlin y Kay y su evolución.

It should have long been clear that extreme nature-nurture positions in social science are untenable. This certainly holds true for the study of the intersection of color perception, language and culture. The real task is not to take up cudgels on behalf of biology on the one hand or culture on the other, but to trace the contributions of each and tease out the strands that connect them. (Hardin, 2009)

Es evidente desde hace mucho que las posiciones extremas naturaleza-cultura son insostenibles. Esto también es así para el estudio de la intersección entre la percepción del color, el lenguaje y la cultura. De lo que se trata no es la de tomar partido por, de una parte, la biología o, por otra, la cultura, sino la de desentrañar los hilos que las conectan.

La publicación en 1969 del ya clásico texto de Berlín y Kay “*Basic color terms: Their universality and evolution*”. (Términos básicos de color: su universalidad y evolución) supuso un cambio decisivo en el estudio de las categorías de color. Hasta tal fecha la postura teórica dominante entre los miembros de la comunidad científica era la del relativismo radical (véase apartado 2.3). Esto es, lo común era asumir que las categorías de color derivaban esencialmente de la influencia de factores lingüístico-culturales. Tras la obra de Berlín y Kay pocos estudiosos niegan la relevancia de factores universalistas en la génesis de las CCBs. Basándonos en la nomenclatura utilizada en una reciente publicación (Kay, Berlin, Maffi, Merrifield & Cook, 2009) aquí denominaremos “Teoría de la Evolución Universal” (TEU) a aquella que considera que (1) existen experiencias perceptivas comunes a la mayoría de los seres humanos que (2) determinan parcialmente las categorías de color (número y extensión colorimétrica) de los distintos lenguajes. De acuerdo con esta teoría las culturas, y por tanto el lenguaje predominante entre sus miembros, diferirían en el nivel de sofisticación con el que denominan-categorizan colores. Los lenguajes más sofisticados corresponderían a culturas cuyo desarrollo tecnológico posibilita un uso flexible, continuo y relevante de los colores.

El origen de la TEU radica en los trabajos que condujeron a la publicación de “Basic Color Terms” a finales de los años 60. Desde entonces muchos investigadores han contribuido a sofisticar esta teoría, resaltando entre ellos el antropólogo de la universidad de Berkeley (California), Paul Kay, con más de 70 publicaciones relacionadas con la TEU (véase <http://www1.icsi.berkeley.edu/~kay/>, para acceder a muchas de ellas). No es el propósito de esta tesis efectuar una revisión exhaustiva de los trabajos de Kay y de la TEU, sino el de proporcionar una descripción general que permita enmarcar la investigación realizada en esta tesis. Por ello, nuestra descripción de la TEU se dividirá en dos partes. La primera se centrará en los trabajos que produjeron la primera versión de esta teoría (Berlín y Kay, 1969) y en cómo esta se relaciona con la teoría de los procesos oponentes de Hering (véase apartado 1.2.4). La segunda se centrará en las principales novedades aportadas gracias al desarrollo de la “world color survey” (Kay *et al.*, 2009). Esto es, la investigación en la que se evalúan, en los entornos naturales de los hablantes y para un número (110) considerable de lenguas, las CCBs utilizadas en idiomas relativamente poco sofisticados. Complementando la información proporcionada en este último apartado, se introducirá otro (2.4.2) en el que se comentarán los trabajos que han mostrado evidencia de una doceava categoría (“celeste”) en algunos idiomas con uso sofisticado del color.

2.4.1. La teoría original de Berlín y Kay (1969) y las experiencias opuestas de Hering.

Parte de la repercusión de la publicación de Berlín y Kay (1969) se debió a la transversalidad de la metodología utilizada por sus autores. En “Basic Color Terms” se integran resultados obtenidos con técnicas de carácter lingüístico (como la de las listas elicítadas, véase Capítulo 3 en esta tesis), en las que no se requiere responder a ninguna estimulación presentada, con otras de carácter perceptivo (como las de selección del mejor ejemplar), en las que lo que interesa es, precisamente, cómo se responde a ciertas estimulaciones. La variedad metodológica permitió a Berlín y Kay realizar una investigación en las fronteras compartidas de la Lingüística, la Antropología y la Psicología.

Basic Color Terms propone una teoría que asume semejanzas entre los TCB de los humanos debidas a semejanzas también existentes en cómo perciben los colores.

Como veremos, tal teoría ha evolucionado durante más de 50 años, pero sigue manteniendo como elemento central la idea de que existen semejanzas entre las CCBs a las que corresponden las TCBs de distintos idiomas, y la de que tales semejanzas se deben a las semejanzas en las experiencias cromáticas de los humanos carentes de alteraciones en la percepción del color.

Aunque Berlín y Kay relacionen la génesis de los TCBs con factores universales basados en la percepción, este hecho no implica, por supuesto, que estos autores sean universalistas ingenuos (véase apartado 2.3.1). La mejor evidencia al respecto es que asumen como punto de partida la existencia de diferencias inter-lingüísticas respecto al número y ubicaciones colorimétricas de las CCBs. Tales diferencias serían el resultado de factores lingüístico-culturales que harían que, por ejemplo, el número de TCBs fuera mayor en las culturas más desarrolladas tecnológicamente, en las que las variaciones cromáticas son más relevantes y fáciles de producir. Por otra parte, sin embargo, ni el número ni la ubicación colorimétrica de las CCBs sería arbitrario, sino que dependería de aspectos perceptivos. Dicho con otras palabras, ciertos colores tenderían a ser los mejores ejemplares (“*foci*”) de ciertas CCBs y, también, de ciertas experiencias perceptivas especialmente relevantes que en nuestro idioma denominamos: blanco, negro, rojo, verde, amarillo y azul. Complementando a lo anterior otros colores tenderían a ser “fronteras” (“*boundaries*”) entre ciertos pares de categorías. Pongamos un ejemplo para aclarar la idea que estamos exponiendo.

La estimulación que los anglo-parlantes (Boynton y Olson, 1987; Sturges y Whitfield, 1995) consideran el mejor ejemplo de lo que denominan “yellow” es, para los españoles, el mejor ejemplo de lo que denominan “amarillo” (Lillo *et al.*, 2007, véase tabla 4 para comparar colorimétricamente los estímulos seleccionados como mejores ejemplares por anglo e hispano hablantes). Tal estimulación, por otra parte, también es escogida por los chinos (Lin *et al.*, 2001a; Lillo y Moreira, 2013b, 2013c) como mejor ejemplo de 黃. Para Berlín y Kay esta coincidencia no sería casual, sino el resultado de un hecho perceptivo común a la mayor parte de los humanos: la estimulación que produce una de las sensaciones elementales de Hering tiende a ser el mejor ejemplo de una CCB.

Las principales hipótesis formuladas por Berlín y Kay en 1969 son las siguientes:

(Hipótesis 1) Existe un inventario universal y restringido de términos básicos de color.

En base a la diferenciación previamente efectuada entre TCBs y CCBs, la primera hipótesis debería reformularse de la manera siguiente:

(Hipótesis 1 reformulada) Existe un inventario universal y restringido de Categorías de Color Básicas (CCBs).

(Hipótesis 2) Existe una *secuencia evolutiva* que restringe la manera en la que se van incorporando nuevos términos de color dentro del vocabulario de una lengua.

Berlín y Kay establecieron que, para ser considerado básico, un término debía satisfacer los siguientes criterios lingüísticos:

1. Debía ser **monolexémico** (una sola palabra, así sucede para “naranja” pero no para “rojo-amarillento”).
2. Su significado **no debía estar incluido en otro** término de color (por ejemplo, *bermellón* es un tipo de rojo y por lo tanto no cumple esta propiedad).
3. Su uso **no debía restringirse** a una única clase de objetos (como por ejemplo ocurre con *rubio*): debía emplearse de forma general/abstracta.
4. Debía tener **saliencia psicológica**, evidenciada en su *facilidad de elicitación* y en su alta *frecuencia de uso*. Esto es, debía ser un término que los hablantes usaban con facilidad y frecuencia. A este respecto, Crawford (1982), cuyo trabajo es citado habitualmente para remitir a una definición de término básico de color (Boynton y Olson, 1990, Maffi y Hardin, 1997), introdujo la siguiente puntualización para conseguir una definición más

operativa sobre la saliencia psicológica de un término básico de color. Lo que propuso Crawford es que serían TCBs los empleados de forma

- i. *consensuada* (por diferentes hablantes de un idioma), y
- ii. *consistente* (por el mismo hablante ante el mismo estímulo en diferentes ocasiones).

Salvo el último requisito enumerado, todos los demás son de tipo lingüístico. Se recomienda la lectura de Maffi y Hardin (1997) para una información adicional respecto a los posibles criterios utilizables para considerar a un término de color cómo básico, así como respecto a algunas controversias relacionadas con su validez.

Conocidos los principales criterios utilizados para considerar a un término como básico, llega el momento de describir las principales características del trabajo empírico descrito en Berlín y Kay (1969). En este, se realizaron una serie de análisis lingüísticos que se aplicaron a un conjunto de 98 lenguas diferentes para cada una de las cuales se obtuvo un conjunto de posibles BCTs. Por otra parte, para un subconjunto de 20 lenguas se realizó un trabajo de campo en California en el que se realizaron dos tareas de selección de estímulos utilizando el conjunto estimular que se reproduce en la figura 2.1.

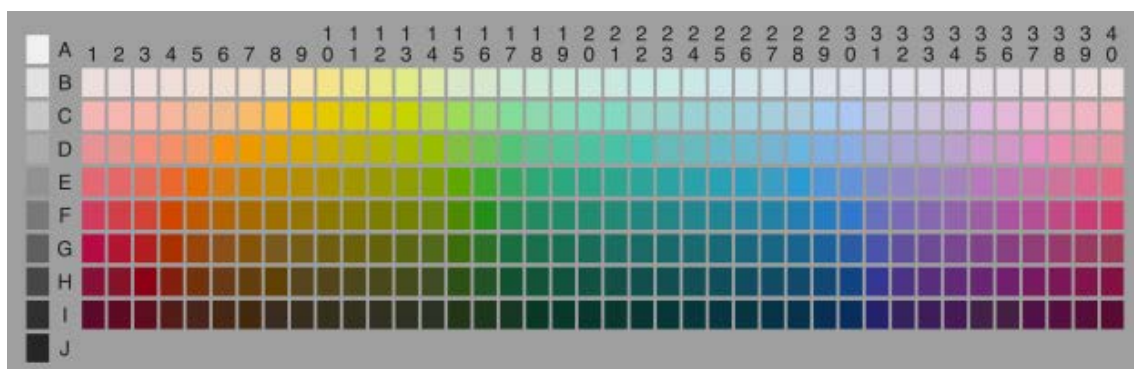


Figura 2.1. Conjunto estimular utilizado por Berlín y Kay (1969).

Como puede observarse en la figura 2.1, Las muestras cromáticas (320) fueron las de mayor saturación en el atlas Munsell) para cada matiz y nivel de claridad. Berlín

y Kay también incluyeron en el conjunto de muestras utilizadas un subconjunto de 9 muestras acromáticas (desde *negro* a *blanco*, véase columna izquierda en la figura 2.1, donde se ha añadido una décima muestra, usada en trabajos posteriores). El conjunto estimular descrito se utilizó para las dos tareas que describiremos a continuación (“mejor ejemplar” y “mapeado”) y para cada uno de los términos que, en cada lengua considerada, habían superado los criterios lingüísticos descritos en este apartado. En la tarea de mapeado (*mapping*) los participantes debían señalar todos los colores que podían denominarse con cada término cromático previamente identificado. En la de mejor ejemplar sólo había que señalar al estímulo que representaba más adecuadamente a cada término (color focal o “*foci*”).

Los principales resultados encontrados por Berlín y Kay (1969) fueron:

1. En las lenguas consideradas el número de BCTs variaba entre 2 y 11. Este último número correspondió a idiomas que, como el inglés o el español se utilizan en países desarrollados tecnológicamente. Trabajos posteriores (véase apartado 2.4.2) han mostrado que este número puede llegar a 12 en algunos idiomas.
2. Como se muestra la figura 2.2, ciertas porciones de la muestra estimular utilizada concentraron los estímulos que se señalaron predominantemente como mejores ejemplares de los términos básicos para los 20 lenguajes evaluados. Tales concentraciones se dieron en zonas que incluían a los mejores ejemplares de los siguientes BCTs del Inglés (entre paréntesis, el número de lenguajes con *foci* en la zona): white-*blanco* (20), black-*negro* (20), red-*rojo* (20), green-*verde* (19), yellow-*amarillo* (18), blue-*azul* (16), brown-*marrón* (15), purple-*morado* (15), grey-*gris* (14), pink-*rosa* (13), orange-*naranja* (11).

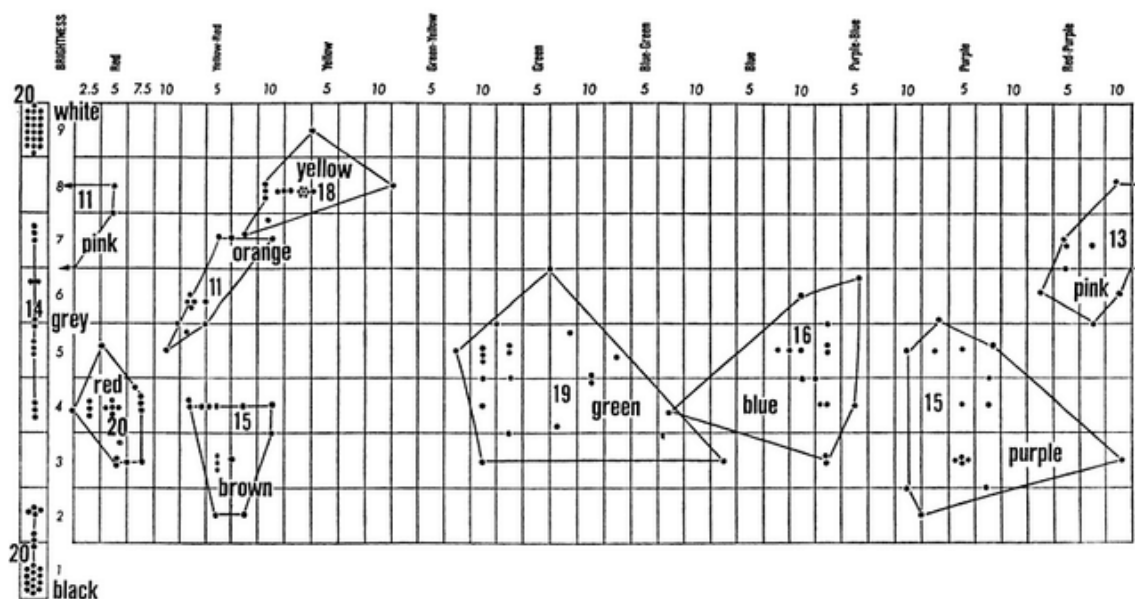


Figura 2.2. Mejores ejemplares para los TCB para los 20 lenguajes muestreados en la investigación de Berlin y Kay (1969).

En base a los resultados descritos, Berlín y Kay propusieron que la segmentación del espacio de color debía seguir una secuencia evolutiva que se aplicaría a distintos lenguajes. Como indica la figura 2.3, los lenguajes con un uso menos sofisticado del color (empleados en entornos poco desarrollados tecnológicamente) sólo incluirían dos CCBs (el espacio de color sólo se segmentaría en dos), correspondiendo sus mejores ejemplares a los que en Inglés corresponden a Blanco y Negro. Con la sofisticación en la denominación de los colores aparecerían más categorías básicas en sucesivas etapas. Así, en una segunda etapa se añadiría la CCB correspondiente al rojo y así sucesivamente, hasta conseguir tener diferenciados once términos en la última etapa (VII). Como también puede observarse en la figura 2.3, la secuencia propuesta por Berlín y Kay postula que el progresivo incremento de CCBs en un idioma se produce con un cierto grado de variación entre lenguajes. Por ejemplo en la tercera etapa (III) puede aparecer la categoría centrada en verde o en amarillo.

La primera versión de la TEU proponía que todos los lenguajes incluyen un número reducido de TCB que permiten un troceado exhaustivo del espacio de color. Esto es, todos los colores serían consistentemente denominados mediante uno de estos términos. Por ejemplo, los hablantes de un lenguaje en la fase I (véase figura 2.3) denominarían, alternativa y consistentemente, “blanco” o “negro” a cualquier color.

Muy importante, el significado de estos términos sería mucho más amplio que en idiomas más sofisticados. Por ello, en las publicaciones de los años setenta aparece frecuentemente la denominación del término (“BLANCO”, “NEGRO”, etc.) en mayúsculas. En las propias palabras de Berlín y Kay (1969, pg. 17), “BLACK comprises black plus most dark hues and WHITE comprises white plus most light hues. En otras palabras, BLANCO (y no blanco en minúsculas) sería un término utilizado para denominar colores “cálidos”, mientras que NEGRO permitiría identificar no sólo “negros” sino también otros colores “fríos”.

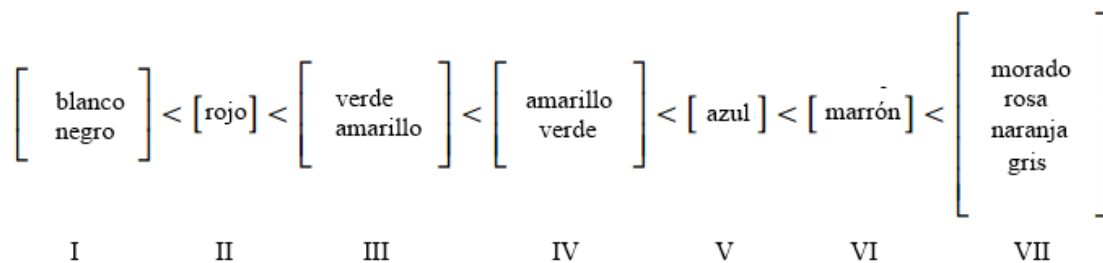


Figura 2.3. Secuencia evolutiva de la teoría de Berlín y Kay (1969)

En 1978 Kay y McDaniel propusieron un importante cambio en la forma de entender la génesis y naturaleza de las CCBs. Tal cambio se centró en la forma de utilizar las 6 sensaciones elementales de la teoría de Hering (blanco, negro, rojo, verde, amarillo y azul) para definir tres tipos de CCBs (compuestas, primarias y derivadas).

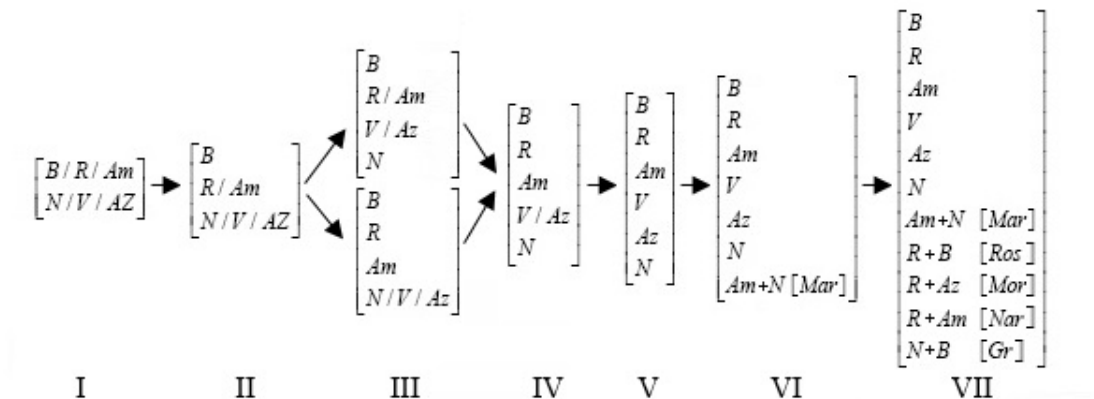


Figura 2.4. Secuencia evolutiva Kay y McDaniel (1978, 638, Fig. 1)

Se asumió que en los lenguajes con pocas categorías básicas (etapas I a V en la figura 2.4, similar a la que aparece en la tabla página 4 de Kay *et al.*, 2009) existen categorías compuestas. Esto es, formadas por estimulaciones en las que aprecia alguna de un conjunto de sensaciones elementales. Por ejemplo en la primera fase sólo aparecerían dos categorías, ambas compuestas. Una, a la que podemos denominar “colores claro-cálidos”, incluiría muestras en las que se aprecia o la experiencia de blanco, o la de rojo o la de amarillo (o simultáneamente más de una de las mencionadas), mientras que la otra categoría, a la que podemos denominar “colores oscuro-fríos” incluiría muestras en las que se aprecian o la experiencia de negro, o la de verde o la de azul (o simultáneamente más de una de las mencionadas). El principal dato en favor de la existencia de las categorías compuestas fue el de que para algunas categorías los mejores ejemplares tendían a agruparse en más de una localización del conjunto de muestras. Por ejemplo, en el caso de los colores claro-cálidos los mejores representantes no sólo se ubicarían en las proximidades de lo que un Inglés denominaría “blanco” sino, también, en las de lo que este denominaría “rojo” o “amarillo”. En síntesis, se habría pasado de considerar “BLANCO” como una extensión del concepto de “blanco” a otras sensaciones asimilables a la de blanco (los colores, cálidos, que se parecen a los blancos en alguna propiedad relevante, como la claridad) a considerar a “BLANCO” como una categoría compuesta (B/R/Am) por los colores que son o blancos, o rojos o amarillos.

La modificación de Kay y McDaniels asume que el incremento en el número de categorías básicas que se produce entre las fases I y V (Figura 2.4) se debe a que las categorías compuestas se van descomponiendo sucesivamente en categorías primarias. Esto es, relacionadas con una sola de las sensaciones elementales de Hering (véase apartado 1.2.4). Por ejemplo, la figura 2.4 indica que el paso de la fase I a la fase II se debe a que la categoría compuesta de colores “blanco-cálidos” (B/R/Am) da lugar a una categoría primaria (blanco) y otra compuesta (rojo-amarillo, R/Am). Por otra parte, la figura 2.4 indica que el principal cambio que se da entre las fases V y VII es la aparición de categorías derivadas. Estas, como sucede para naranja o morado, resultarían de la experiencia simultánea de dos sensaciones elementales en respuesta a un mismo estímulo. Por ejemplo, la categoría de morado estaría formada por los

estímulos en los que resulta fácil apreciar simultáneamente (por eso se utiliza el signo “+”) las sensaciones elementales de azul y rojo.

Los resultados de los estudios de denominación de colores en los que se ha utilizado el método de “escalamiento de tono” son, muy probablemente, el principal apoyo empírico a la relación entre las sensaciones elementales de la teoría de Hering y su relación con las categorías básicas primarias (fase V) y derivadas (fase VII) que se propone en la figura 2.4.

La esencia del método de escalamiento de tono es que, a partir de un conjunto restringido de términos determinado por el experimentador, el observador tiene que asignar *proporciones* (o porcentajes) de dichos términos en base a la magnitud percibida de cada una de las tonalidades para cada estimulación presentada (por ejemplo, un estímulo percibido como rojo-azulado podría describirse como 65% *rojo*, 35% *azul*). Esta forma de evaluar permite pasar de las escalas nominales (propias de la denominación de color si se emplea un solo término, p.ej. Beare, 1963) u ordinales (si se permite emplear más de un término cuyo orden se corresponde con la primacía de las sensaciones suscitadas por el estímulo, p.ej. Boynton y Gordon, 1965) a las cuantitativas (Gordon, Abramov y Chan, 1994, han mostrado que este método presenta buenas cualidades psicométricas). Por otra parte, trabajos realizados con este método han mostrado que: (1) Las sensaciones relacionadas las cuatro categorías cromáticas de la fase V (figura 2.4, rojo, amarillo, verde y azul) son necesarias y suficientes para describir todos los estímulos monocromáticos del espectro visible (Werner y Wooten, 1979 a y b; Fuld y Alie, 1985). Más aún, se encontró (Werner y Wooten, 1979 a; Werner, 1998) una importante relación entre los coeficientes de tono derivados según las clásicas ecuaciones de Hurvich y Jameson (1955, basadas en experimentos de cancelación de tonalidades, véase apartado 1.2.4) y los resultados de escalamiento de tono. (2) Las categorías derivadas que aparecen en la fase VII de la figura 2.4 pueden, de hecho, descomponerse en base a dos tonalidades elementales de la teoría de Hering.

La clásica investigación realizada por Sternheim y Boynton (1966) para determinar si el término naranja identifica una tonalidad elemental (no lo hace) es un buen ejemplo de cómo se han utilizado los criterios de *suficiencia* (la tonalidad se emplea cuando su uso está permitido) y *necesidad* (si se prohíbe su uso no es posible describir plenamente la apariencia de algunos estímulos).

Sternheim y Boynton partieron de un conjunto limitado de *cuatro* categorías: *verde, amarillo, naranja y rojo*. Cada observador tuvo que describir la apariencia de los estímulos presentados (una porción del espectro) empleando sólo *tres* categorías (de las cuatro mencionadas), que le eran indicadas por el experimentador en cada sesión. Un conjunto de tonos se consideraba *suficiente* si permitía describir completamente la apariencia del estímulo presentado (la suma de las proporciones indicadas para los distintos matices fue 1). Por otra parte, se consideraba que un tono *x* era *necesario* cuando su ausencia hacía imposible la descripción plena del estímulo presentado. Por ejemplo, a partir de los términos *verde, naranja y rojo*, se describió un estímulo de 600 nm como constituido por 0,76 de naranja y 0,03 de rojo. Esto indicó que la terna de tonos no era suficiente para describir el estímulo ($0,76 + 0,03 < 1$). Por el contrario, a partir de los términos *verde, amarillo y rojo*, el mismo estímulo se describió como constituido por 0,77 de rojo y 0,23 de amarillo ($0,77 + 0,23 = 1$). Este resultado indicó que amarillo y rojo eran *suficientes* para describir el estímulo, y junto con el resultado anterior, que amarillo es *necesario* para describirlo. Siguiendo estos criterios, concluyeron que *naranja* no era un tono elemental, puesto que puede sustituirse por las proporciones adecuadas de *rojo y amarillo* (como en el ejemplo descrito). Por el contrario, como ya se indicó, si son tonos elementales los relacionados con las cuatro categorías cromáticas de la fase V (tabla 2.2, rojo, amarillo, verde y azul).

Las investigaciones que han utilizado la técnica del escalamiento de tono con categorías acromáticas (blanco, negro y gris) y derivadas (marrón, rosa, morado y naranja) han utilizado preferentemente estímulos de superficie (“colores relacionados”). Esto es, aquellos que, como la mayor parte de las superficies cotidianas, pantallas de ordenador incluidas, presentan un estímulo (el que ha de ser denominado) rodeado de otras estimulaciones. Esto es así porque dos de las categorías acromáticas (negro y gris) y una cromática (marrón) no se utilizan para denominar estímulos monocromáticos carentes de contexto. También en este caso los matices cromáticos elementales fueron los de *rojo, verde, amarillo y azul*; al tiempo que los acromáticos elementales fueron los de *blanco y negro*. Como ya indicamos, la clásica investigación Sternheim y Boynton (1966) mostró que *naranja* era una categoría analizable en términos de amarillo y rojo, mientras que otros trabajos mostraron que *morado* era analizable en términos de rojo y azul (Fuld, Wooten y Whalen, 1981), *rosa* en términos de rojo y blanco (Ludman, 1983, citado en Wooten y Miller, 1997), *marrón* en términos de amarillo y negro (Quinn,

Rosano, Wooten, 1988, aunque véase Fuld, Werner y Wooten, 1983) y *gris* en términos de blanco y negro.

2.4.2. Investigaciones relacionadas con la World Colour Survey.

En 2009 los principales investigadores relacionados con el nacimiento y evolución de la TEU (Kay, Berlín, Maffi, Merrifield & Cook, 2009) publicaron un libro titulado “The World Color Survey”, en el que se presentaban los resultados de una extensa investigación, iniciada a finales de los años setenta, en la que se evaluaron los TBCs de 110 idiomas extendidos por todo el planeta. Además del incremento en la muestra lingüística, la investigación sobre las lenguas del mundo se diferenció del clásico trabajo de Berlín y Kay (1969) en los siguientes aspectos.

1. Los participantes en la investigación fueron 25 para cada muestra evaluada, en su mayoría monolingües, y evaluados en la ubicación geográfica en la normalmente se habla cada lenguaje evaluado.
2. La primera tarea realizada por cada participante fue denominar, en forma individual y siguiendo un orden de presentación aleatorio, cada una de las 330 fichas mostradas en la figura 2.1. Tras ello, y este puede ser uno de los puntos más cuestionables del nuevo procedimiento, se debía seleccionar el mejor ejemplar de cada categoría básica.
3. El objeto de estudio principal fueron los lenguajes utilizados en entornos socio-culturales con un uso del color poco sofisticado y que se corresponden con las 5 primeras fases de la TEU (véase figura 2.4), aquellas que suelen anteceder a la aparición de los TCBs derivados.

Las principales conclusiones obtenidas en la world colour survey se pueden sintetizar utilizando la figura que se reproduce en la figura 2.5 (idéntica, pero en Español, a página 6 de Kay *et al.*, 2009) y aplicando lo que los autores denominaron la “regla de las categorías compuestas” que reproducimos a continuación:

Son categorías compuestas posibles todas las uniones borrosas posibles del subconjunto de elementales de Hering que en la figura 2.5 forma una cadena no rota de asociaciones (se considera ruptura al cruce de la línea discontinua).

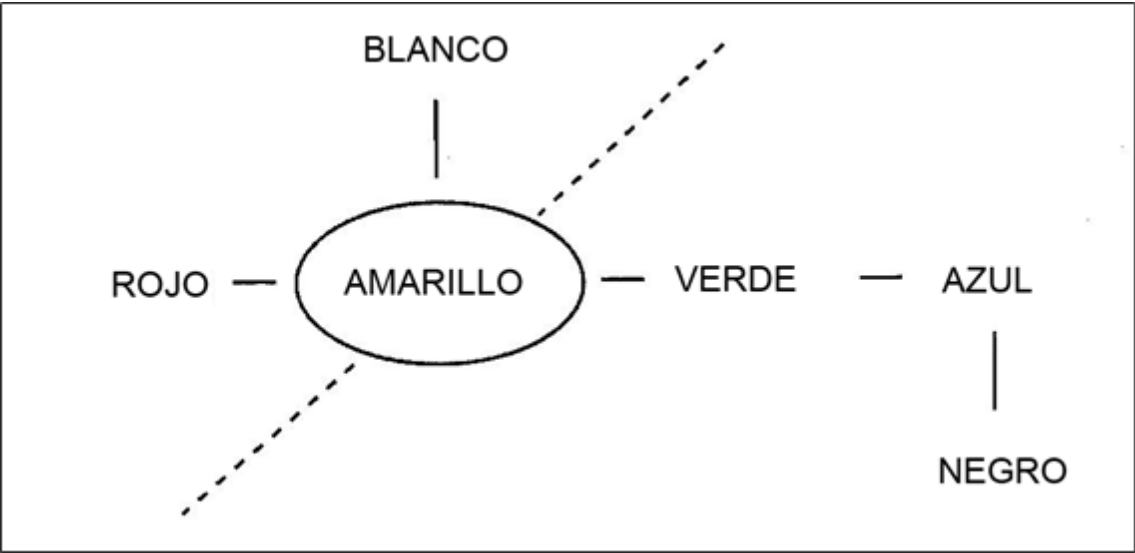


Figura 2.5. Figura explicativa de la regla de las categorías compuestas

La aplicación de esta regla permite reducir el número de categorías compuestas posibles desde 63 (las resultantes de combinar libremente, en grupos de 2, 3 y 4, las 6 sensaciones elementales de Hering) a sólo 9. Como indica la tabla 2.1, 8 de tales categorías compuestas aparecieron en la world color survey, aunque sólo 4 de ellas se habían comentado en publicaciones anteriores (p.ej. Kay y McDaniel, 1978).

Tabla 2.1. Categorías compuestas predichas por adyacencia.

Número de primarios incluidos	Observado en Kay y McDaniel (1978)	No en Kay y McDaniel (1978)	Comprobado con los datos de la WCS
2	Rojo o Amarillo		+
2	Verde o Azul		+
2		Blanco o Amarillo	+
2		Negro o Azul	+
2		Amarillo o Verde	+
3	Blanco o Rojo o Amarillo		+
3	Negro o Verde o Azul		+
3		Amarillo o Verde o Azul	+
4		Amarillo o Verde o Azul o Negro	-

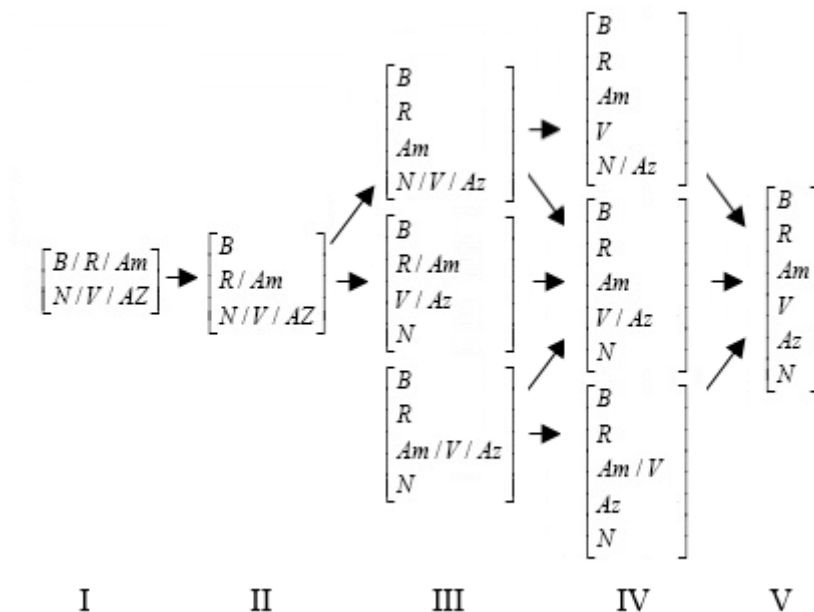


Figura 2.6. Secuencia evolutiva (fuente Kay *et al.*, 2009 p.30, Fig.1)

La figura 2.6 permite informar, además de las CCBs derivadas encontradas en la WCS, de varios órdenes de aparición. Como puede observarse gracias a las flechas incluidas, dos de las tres variantes de la fase 3 derivan de una diferenciación de una categoría compuesta (la R/Am o la N/V/Az) presente en la fase dos (ambas desde la única opción de la fase 2 representada). La opción inferior de la fase 3 no tiene el mismo origen que las dos anteriores, ya que incluye una categoría compuesta, Y/G/B, distinta a las dos representadas en la fase I. Al igual que sucede en las investigaciones antropológicas sobre el origen de la especie humana, no se han encontrado “fósiles” (lenguajes de 2 o 3 categorías de color) que pudiesen explicar el origen de Am/V/Az. En cualquier caso, la figura 2.7 muestra la secuencia de transformación de categorías que permite incluir a un mayor número de las estudiadas en la world color survey (83%, 91 de las 110 estudiadas) considerando en tal secuencia no solo las fases terminadas sino también las transiciones entre ellas. Parece evidente la presencia de factores perceptivo-universalistas en que, a pesar de las diferencias interlingüísticas encontradas y, tanto lenguajes diferentes puedan integrarse en una misma secuencia evolutiva. Esta, debe resaltarse, incluye en la fase V a un 21% de las lenguas con términos básicos directamente relacionados con cada categorías básica de Hering (blanco, rojo, amarillo, verde, azul y negro) y un 37% cuya única diferencia respecto a lo anterior es la integración en la fase IV de verde y azul en una misma categoría compuesta.

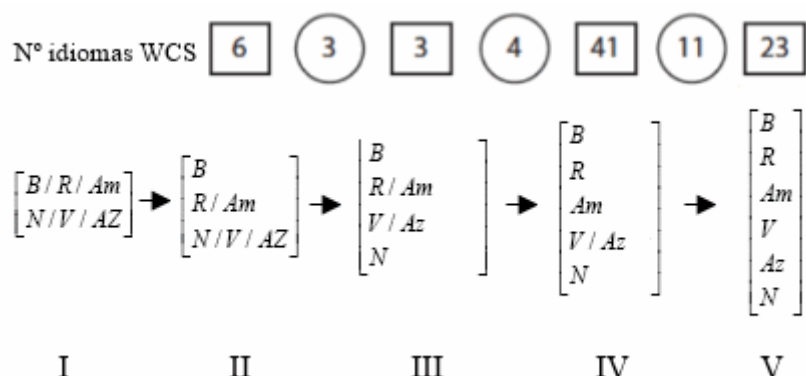


Figura 2.7. Línea principal de la evolución de los TCB con indicación del número de idiomas (Fuente, Kay *et al.*, 2009, p. 30, Fig. 1)

Sin duda, las investigaciones relacionadas con el word colour survey se centraron en las V primeras fases del TEU, por el resultado obtenido al final de esta fase (categorías directamente relacionadas con las 6 sensaciones elementales de Hering), y por el proceso asumido (progresiva diferenciación de categorías-sensaciones a partir de conglomerados). Es en este contexto donde tiene más sentido asumir que los factores perceptivos son más relevantes a la hora de determinar la naturaleza de las categorías y, también, el orden en el que se produce la progresiva diferenciación de los conglomerados. Tales factores, por otra parte, nunca han sido bien definidos en la TEU.

Por ejemplo, aunque en Kay *et al.*, (2009) aparece un apartado denominado “Principles of color terms universals and evolution based on color appearance” (op.cit. pag.25), en él no se da información precisa sobre porqué aparecen ciertos conglomerados, tal y como son los dos que aparecen en la fase I de la figura 2.7. ¿Los conglomerados de, por una parte, blanco-rojo-amarillo y, por otra, negro-verde-azul aparecen porque las tres primeras son sensaciones asociadas a colores “cálidos” y las tres últimas a “fríos”? ¿Cuál es la base psicofísica-fisiológica de la diferenciación cálido-frío? ¿El nivel de respuesta en el mecanismo acromático y, por tanto, en las respuestas de la vía magnocelular? En base a la poca información proporcionada por los autores de la TEU sólo es posible proporcionar especulaciones al respecto, algo que también puede decirse respecto a otras preguntas relacionadas con el origen de la secuencia evolutiva defendida por Kay y sus colaboradores dentro del ámbito de la

world color survey. Por ejemplo, ¿Por qué en la fase II la primera categoría primaria es la de blanco y no, como podría deducirse de la vieja secuencia propuesta en 1969 (figura 2.3) la de rojo?

La TEU es mucho más ambigua respecto al desarrollo de las categorías derivadas de lo que lo es respecto a las compuestas y primarias. La prueba más evidente está en la figura 2.4 donde el paso de la fase V a la VI se hace en base a la creación de la primera categoría derivada (marrón = negro+ amarillo), y el paso a la fase VI a la VII muestra la adición de una categoría acromática (gris = negro + blanco) y 3 cromáticas, todas relacionadas con rojo (naranja = rojo + amarillo; morado = rojo + azul; rosa = rojo + blanco). En la actualidad (Kay y Regier, 2006; Kay *et al.*, 2009) los defensores de la TEU no asumen que la aparición de marrón tenga que preceder a la de las restantes categorías derivadas, ni que todas estas deben aparecer simultáneamente. Más aún, ya en la publicación seminal de la TEU (Berlín y Kay, 1969), así como en la modificación de Kay y McDaniel's (1978), se consideró que el número de CCBs podía superar a 11. Este hecho es especialmente relevante si se considera que existen 15 posibles pares de sensaciones primarias, pero que normalmente (véase, p.ej. Boynton y Olson, 1987, para el Inglés; Lillo *et al.*, 2007 para el Español) sólo aparecen cinco términos derivados en la jerarquía (los ya mencionados y presentes en la figura 2.4). Por ejemplo, ¿por qué no aparece ningún término derivado relacionado con verde? ¿Por qué, siendo más concretos, no es común la existencia de un término básico para la combinación de verde + negro (“¿oliva?”) , otro para verde + amarillo (¿lima?), etc.

La adición de un término adicional relacionado con la sensación de azul parece ser la forma más común entre los lenguajes de moverse más allá de lo indicado en la fase 7. Así, el ruso incorpora dos términos, *sinij* y *goluboj* asociados a la denominación consistente de estímulos que para los hablantes de nuestro idioma serían azules (Corbett y Morgan, 1988; 1990; Davies & Corbett, 1994; Paramei, 2005). *Sinij* denominaría azules oscuros y *goluboj* azules claros, por lo que a partir de ahora los llamaremos, respectivamente, marinos y celestes. En modo similar, también el Turco (Özgen & Davies, 1998), el Griego (Androulaki, Gómez-Pestaña, Mitsakis, Lillo, Coventry y Davies, 2006) y el Italiano (Kristol, 1979). Más importante aún, en algunas versiones del Español hablado en América, como el Guatemalteco (Harkness, 1973) y el Peruano (Bolton, 1978) también se ha encontrado la diferenciación categorial básica celeste-marino. Para terminar, al menos tres de los 210 idiomas evaluados en la world color

survey (Kay *et al.*, 2009) muestran evidencias de una probable (o segura) presencia simultánea de celeste y marino en lenguajes hablados en países donde también se habla Español: el aguacatec (op. Cit pag. 2(74), hablado en Guatemala; el Camsá, hablado en Colombia (op. Cit pag. (149), 1; y el chiquitano, hablado en Bolivia, (op. Cit pag. (183). Además, de lo anterior, el Djuba, hablado en Suriman (op. Cit pag. (215), 1). En todos los casos para los que se dispone de evidencia (Turco y Griego) y tal y como se puede observar en Androulaki *et al.* (2006, figura 3), la diferencia entre celestes y marinos no sólo se produce respecto a la claridad, sino también respecto al ángulo cromático: más próximo a los correspondientes a los verdes para los celestes que para los marinos.

2.5. Factores relativistas: categorías y percepción categorial.

Categorical Perception (CP) of color is the faster and more accurate discrimination of two colours from different categories than two colours from the same categories, even when the same- and different-categories hue separations are equated. (Franklin *et al.*, 2008a, pg 3221)

Se da un fenómeno de “Percepción Categorial” (PC) del color cuando hay una discriminación más rápida y adecuada entre pares de colores de categorías distintas, que cuando ambos pertenecen a la misma categoría. Tal diferencia se daría cuando se mantiene constante la separación en tono para ambos tipos de pares.

La definición con la que iniciamos este apartado habla de diferenciación entre estímulos e indica dos formas para medir la facilidad con la que se produce: la rapidez y la adecuación de las respuestas. Esto es, dos estímulos son fáciles de diferenciar si: (1) se puede indicar que son distintos con rapidez (bajos tiempos de respuesta) y (2) sin cometer errores. Esto es lo que pasaría si, por ejemplo, en un experimento se tuviese que indicar, en la forma más rápida y adecuada posible, la igualdad o diferencia de un par de estímulos y estos fuesen blancos o negros (ensayos de igualdad; dos blancos o dos negros. Ensayos de diferencia, un blanco y un negro). En este caso los tiempos serían

más cortos y los aciertos más frecuentes que si, por ejemplo, los estímulos utilizados fuesen dos grises de claridades similares (uno un poco más oscuro).

En la definición de percepción categorial se habla de que se “mantiene constante la separación en tono” entre los miembros de un par de estímulos. ¿Cómo se puede medir la separación? Por otra parte, a la hora de definir posibles efectos de percepción categorial, ¿no tendría sentido considerar, además del tono, otras dimensiones perceptivas?

Lo habitual para medir distancias entre colores es calcular su distancia (ΔE^*) en el correspondiente espacio CIE (véase apartado 1.5.2) y asumir una relación directa entre la distancia medida y la diferencia percibida. Cuando se realizan experimentos de percepción categorial lo común es que los estímulos sólo se diferencien en una variable colorimétrica, tal y como puede ser la tonalidad (H^*). Esta es la situación considerada en la definición de Franklin *et al.*, (2008a), donde se asume que los estímulos deben tener valor constante en otras variables colorimétricas, como la claridad (L^*) o el cromatismo (C^*). También se asume que las variaciones en matiz entre los estímulos más próximos son de valor constante ($\Delta H^* = K$). La figura 2.1 permite ejemplificar la situación que se está describiendo.

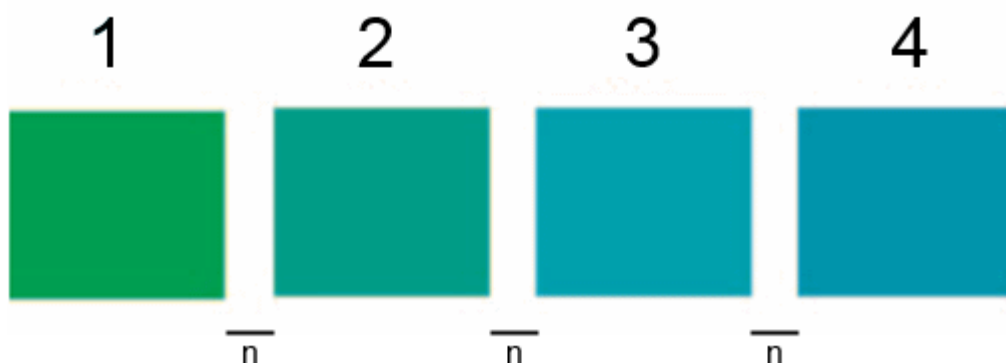


Figura 2.8. Muestras equidistantes en un espacio de color

A la izquierda de la figura 2.1 (posición 1) se muestra un estímulo categorizable como verde. A la derecha (posición 4) uno azul. Se ha intentado que el cambio de matiz entre pares de estímulos sea constante ($\Delta H^* = K$). En la figura el valor de tal cambio es “n” para recordar la relación existente entre los resultados de experimentos en los que se midieron umbrales diferenciales (p.ej. las clásicas investigaciones de MacAdam, véase apartado 1.5.3) y las distancias existentes en los espacios CIE. Por ello, se asume que una cierta distancia entre estímulos (ΔE^*) se corresponde a un cierto número (n) de umbrales diferenciales y a un cambio en el matiz de magnitud constante ($\Delta H^* = K$).

Retornemos a la definición de percepción categorial de Franklin *et al.* (2008a), en ella se dice que se da “una discriminación más rápida y adecuada entre pares de colores de categorías distintas”, que cuando ambos pertenecen a la misma. Para los estímulos de la figura 2.8.habría dos pares con estímulos pertenecientes a una misma categoría: el 1-2 (dos verdes) y el 3-4 (dos azules). También habría un par, el 2-3, formado por estímulos de categorías diferentes (un verde y un azul). Se daría un efecto de percepción categorial si se obtuviesen mejores resultados para este par en una tarea basada en la capacidad para discriminar estímulos.

La figura 2.9 muestra una configuración estimular frecuente en investigaciones relacionadas con el estudio de la percepción categorial (p.ej. Franklin *et al.*, 2008 b; Drivonikou *et al.*, 2007). En el centro de la imagen aparece un punto de fijación. A su alrededor hay una serie de círculos. Uno es de color diferente (estímulo objetivo) al utilizado en los restantes (distractores). La tarea es indicar la posición del objetivo (izquierda o derecha) de alguna manera (presión de un pulsador, respuesta verbal, etc.).

Considerándose que existe percepción categorial cuando se producen respuestas más rápidas y/o adecuadas (menos errores) para combinaciones objetivo-distractores que implican cambio categorial (p.ej. par 2-3 en la figura 2.8) que para combinaciones que no lo implican.

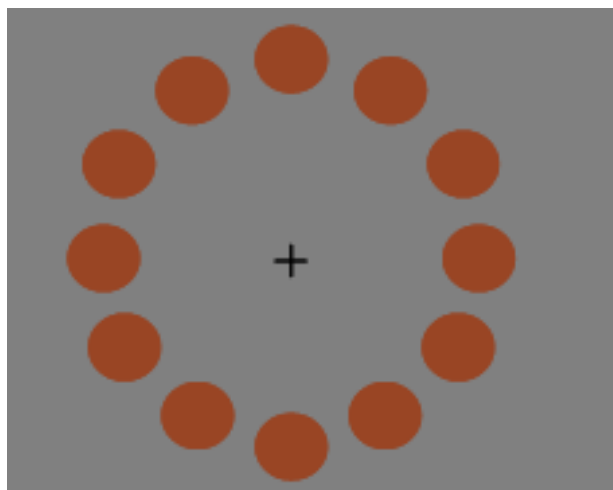


Figura 2.9. Configuración estimular para estudio de la percepción categorial

Muchas investigaciones (p.ej. Franklin et al, 2008 a) han estudiado la percepción categorial en la frontera verde-azul debido a las siguientes razones. (1) Las categorías verde y azul se aplican a estímulos de claridades muy distintas (claros, medios y oscuros, Lillo *et al.*, 2007) por lo que es fácil producir una transición entre categorías manteniendo constante la claridad. (2) Es frecuente en los lenguajes poco desarrollados la presencia de una categoría compuesta (véase apartado 2.4.2) que denomina estímulos en los que predomina la experiencia de verde o la de azul (En la jerga científica (Lazar-Meyn, 2004; Hardy, Frederick, Kay, y Werner. 2005)) tal categoría se identifica como “grue” (de “green” and “blue”). Esta denominación podría aplicarse a los cuatro estímulos reproducidos en la figura 2.8 (3) Sólo los lenguajes que diferencian entre verde y azul tienen una frontera entre estas categorías. Por tanto, sólo en ellos se espera que aparezcan respuestas más rápidas y/o adecuadas para pares como el 2-3. Esta predicción se ha comprobado en investigaciones donde se han utilizado los mismos estímulos para hablantes de idiomas con y sin frontera categorial verde-azul y tareas similares a la ejemplificada en la figura 2.9.

Complementando los resultados comentados en el párrafo anterior, las investigaciones relacionadas con la frontera categorial verde-azul han encontrado los siguientes resultados: (1) Existen efectos categoriales en niños pre-linguísticos (Franklin et al, 2008 a). (2) la adquisición del lenguaje puede fijar o no la frontera pre-lingüística y, por tanto, la posibilidad de aparición de efectos categoriales (op.cit.) (3) En niños pre-lingüísticos el efecto categorial es más fuerte cuanto el estímulo objetivo se presenta en

el hemicampo izquierdo, pero en niños lingüísticos y en adultos es mayor para el hemicampo derecho (Drivonikou *et al.*, 2007), presumiblemente porque tal hemicampo se proyecta en el hemisferio cerebral izquierdo (el más relacionado con el lenguaje).

No todos los estudios relacionados con la percepción categorial utilizan variaciones estímulares en el valor H^* (Franklin y Davies, 2004). Otros trabajos han mantenido constante esta variable y, por el contrario, han variado los valores de C^* (cromatismo) o L^* , porque también estos cambios pueden producir transiciones entre categorías. Más concretamente, la transición entre “rojos” y “rosas” se puede dar entre estímulos similares en H^* pero diferentes en C^* , al tiempo que la transición entre “naranjas” y “marrones” puede darse entre estímulos que sólo difieren en L^* (véase, p.ej. tabla 3 en Lillo *et al.*, 2007). Consiguientemente, pensamos que la definición de percepción categorial debería cambiarse, respecto a la de Franklin *et al.*, (2008a) de la siguiente manera:

Se da un fenómeno de “Percepción Categorial” (PC) del color cuando hay una discriminación más rápida y adecuada entre pares de colores de categorías distintas, que cuando ambos pertenecen a la misma categoría. Tal diferencia se daría cuando se mantiene constante la separación colorimétrica (ΔE^) para ambos tipos de pares.*

El subrayado indica que ahora no se habla de “separación en el tono” sino de “separación colorimétrica” (ΔE^*). En algunos casos, como cuando se analiza la transición verde-azul, el paso entre categorías podrá efectuarse en base sólo a la variación en el tono (ΔH^*), pero en otros se hará en base a cambios en la claridad (ΔL^*), el cromatismo (ΔC^*) o, porque no, simultáneamente en base a más de una de estas variables. En cualquier caso, lo importante para considerar que se ha producido un efecto de percepción categorial es que la misma variación colorimétrica (ΔE^*) produzca mayor capacidad discriminativa cuando implica cruzar categorías que cuando no lo hace. En forma más gráfica, mientras que la variación colorimétrica debería ser similar al ejemplificado en la figura 2.8. (distancia entre estímulos constante e igual a “n”). El cambio percibido sería similar al ejemplificado en la figura 2.10. Esto es, sería mayor cuando implicase un cruce categorial pero sólo para los hablantes de idiomas en los que existiese tal cruce.

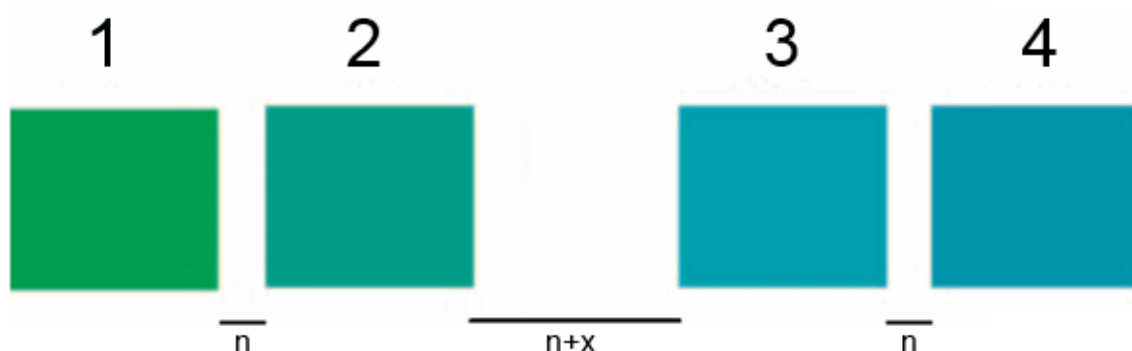


Figura 2.10. Muestras equidistantes en un espacio de color, pero percibidas más distantes en el paso de categoría.

Terminaremos este apartado indicando que también se han observado efectos de percepción categorial en investigaciones en las que, en lugar de comparar el comportamiento de idiomas que difieren en su número de CCBs, lo hacen entre personas que han aprendido, o no, categorías de color (Zhou, Kay, Kwok, y Tan (2010)). También en este caso se produce un incremento en la capacidad para discriminar que, lógicamente, se localiza en las fronteras de las categorías aprendidas y que hace que la distancia percibida se incremente respecto a la colorimétrica.

2.6. Las categorías básicas del Español y la investigación de Lillo et al. (2007).

Como se dijo (véase apartado 2.4.1 en este mismo capítulo), Berlín y Kay (1969) identificaron las CCBs de 20 lenguas utilizadas como primer idioma por personas residentes en California. Posteriormente Pich y Davies (1999), utilizando residentes en España, emplearon listas elicidas para identificar los TCBs del Español en niños de distintas edades y, gracias a ello, comparar la secuencia de aparición de categorías primarias y derivadas. Estos autores observaron que, en general, el uso de las categorías primarias antecede al de las secundarias.

Las investigaciones mencionadas en el párrafo anterior encontraron que las versiones del idioma español evaluadas (las habladas en California y España) mostraron para los adultos un nivel similar al del Inglés hablado en Estados Unidos. Esto es, para

los adultos existían 11 CCBs de tipo primario (rojo, verde, azul, amarillo, blanco y negro) o derivado (naranja, morado, rosa, marrón y gris). Por otra parte, tales investigaciones no permitieron delimitar las porciones del espacio de color relacionadas con cada una de estas categorías y, por ello, no hicieron posible su comparación con las identificadas ello para el Inglés (Boynton y Olson, 1987; Sturges y Whitfield, 1995; Lin *et al.*, 2001 a y b). Hacerlo posible fue el principal objetivo de la investigación de Lillo *et al.* (2007) que describiremos a continuación.

Lillo *et al.* (2007) realizaron una serie de 5 experimentos para identificar y delimitar las CCBs de la versión del idioma Español hablado en España. Para diferenciar esta versión de la que se habla en otras partes del globo, nos referimos a ella como “Castellano”.

En el primer experimento de Lillo *et al.* (2007) participaron 52 personas y se aplicó la técnica de las listas elicítadas. Cada participante tuvo que escribir, con los ojos cerrados, todas las denominaciones de color de una sola palabra (monolexémicas) que pudieron recordar durante un tiempo breve (2 minutos). Se asumió que un término era básico si aparecía en al menos el 50% de las listas.

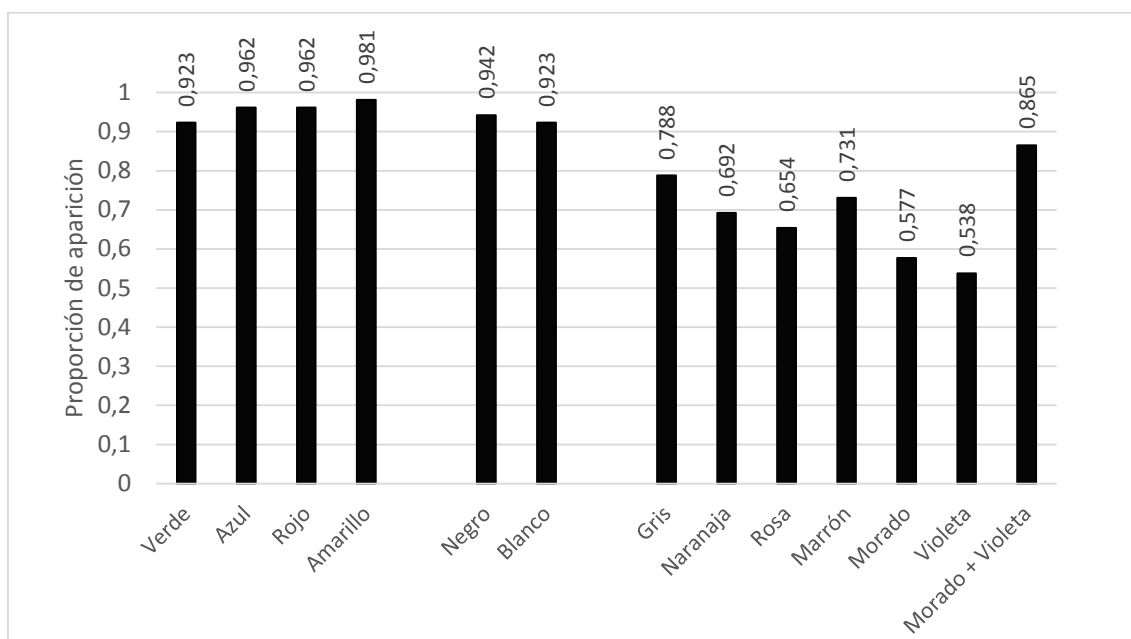


Figura 2.11. Términos con frecuencias de aparición superior al 50% en las listas (basado en Lillo *et al.*, 2007)

La figura 11 muestra la frecuencia de aparición de los términos que aparecieron en más del 50% de las listas. Como puede observarse, y como confirmaron los correspondientes análisis estadísticos, las categorías básicas primarias aparecieron más frecuentemente que las derivadas. Otro resultado importante proporcionado por las listas se refirió al orden de aparición. Como muestra la figura 2.12 (construida a partir de la figura 1 en Lillo *et al.*, 2007). Las categorías primarias cromáticas fueron las que aparecieron antes en las listas, seguidas por las acromáticas y, finalmente por las derivadas.

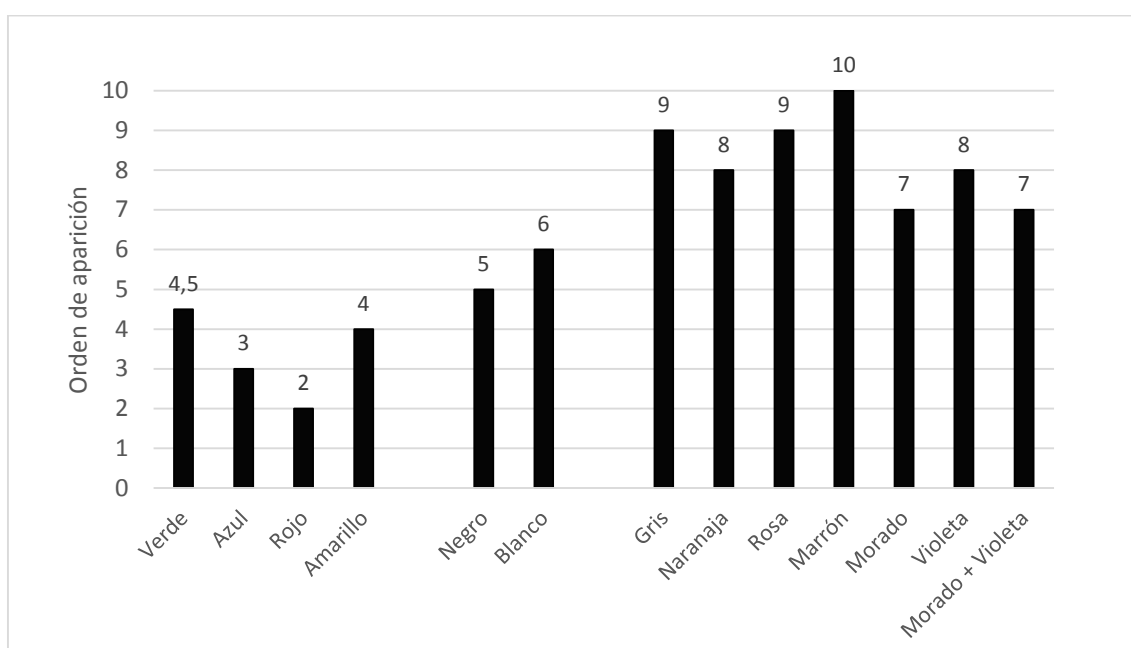


Figura 2.12. Orden de aparición de los términos con frecuencias de aparición superior al 50% en las listas (basado en Figura 1 de Lillo *et al.*, 2007)

El segundo experimento de Lillo *et al.*, (2007) utilizó un procedimiento de estimación de la sinonimidad. Sirvió para comprobar que los términos “morado” y “violeta “ son denominaciones alternativas de una misma CCB y no será comentado más detalladamente aquí.

Los experimentos 3, 4 y 5 permitieron: (1) confirmar el carácter básico de las denominaciones identificadas en el primer experimento, (2) especificar las posiciones ocupadas por los colores relacionados con tales denominaciones en el espacio de color CIE $L^*u^*v^*$ (3) identificar las características colorimétricas de los mejores ejemplares

de cada categoría básica. Para alcanzar los logros mencionados, en los experimentos 3 y 4 los participantes denominaron por separado cada una de las 1750 muestras de color incluidas en un atlas de color NCS. En el experimento 3 tal denominación se pudo usar utilizando cualquier término monolexémico (denominación libre). En el experimento 4 sólo uno de los 11 que en el experimento 1 apareció en más del 50% de las listas elicítadas y que, por ello, identificaba a una de 11 CCBs del Castellano. En el experimento 5 se utilizó la pared de una sala de grandes dimensiones para presentar simultáneamente todos los estímulos del atlas NCS utilizado. En respuesta a esta estimulación los participantes tuvieron que señalar: (1) el mejor ejemplar de cada categoría y (2) todos los estímulos que podían considerarse buenos representantes de ellas.

Las principales conclusiones producidas por los resultados proporcionados por los experimentos 3, 4 y 5 fueron las siguientes:

1. **Existen grandes diferencias entre las CCBs respecto a la extensión y forma de sus volúmenes en el espacio CIE $L^*u^*v^*$.** Algunas CCBs ocupan volúmenes amplios y denominan estímulos muy variados en claridad (L^*) y cromatismo (C^*). Otras sólo son compatibles con rangos concretos y reducidos en estas variables. Por ejemplo, la categoría de rojo sólo incluye estímulos con valores L^* relativamente reducidos y valores C^* relativamente altos. Esto es, como indica la figura 6 de Lillo *et al.* (2007), casi todos los rojos son oscuros (apenas existen de claridad media. Ninguno es claro) y todos son altos en cromatismo (valores próximos a los máximos posibles). Por el contrario la figura 3 de la misma fuente muestra que las categorías de azul y verde permiten denominar estímulos muy variados en L^* y C^* . Esto es, permiten denominar consistentemente a estímulos claros, medios y oscuros, con saturaciones de valores muy distintos (desde las máximas posibles a algunas muy reducidas).
2. **Los datos obtenidos por Lillo *et al.* (2007) para el Castellano fueron muy similares a los obtenidos en otras investigaciones** (Boynton y Olson, 1987; Sturges y Withfield, 1995; Lin *et al.*, 2001 a y b) **para el Inglés americano** en tres aspectos muy relevantes. Primero, en la ubicación de los *foci* para las 11 CCBs (Véase Lillo *et al.*, 2007, tabla 4 para comparar los resultados de distintas investigaciones). Segundo, en la extensión y ubicación de las categorías en el

espacio de color (las figuras 3 a 7 comparan los datos obtenidos para el Castellano con sus equivalentes para el Inglés americano). En las transiciones entre categorías. Por ejemplo, la tabla 3 de Lillo *et al.* (2007) muestra que casi todas las transiciones entre categorías encontradas para el Inglés americano por Boynton y Olson (1987) y/o Sturges y Withfield (1995) también aparecieron para el castellano. Por ejemplo, algunas muestras fueron identificadas como azul o como verde en la mayoría de sus presentaciones, por lo se consideró que correspondían a una frontera entre estas dos categorías.

Como hemos visto, la investigación de Lillo *et al.* (2007) proporcionó datos muy relevantes respecto a la identidad y características de la versión del Español evaluada (“Castellano”). Por ello es el principal referente de esta tesis. Sin embargo, cara a nuestros objetivos, los procedimientos utilizados en los experimentos de denominación (experimentos 3 y 4) y el de señalización (5) tienen dos limitaciones importantes. Primero, al realizar una exploración de todo el espacio de color requirieron responder a un número muy elevado de estímulos (1795), lo que requirió un tiempo considerable para cada participante e hizo que el número de estos fuese inevitablemente reducido (8, por experimento). Esta reducción impidió, por ejemplo, efectuar comparaciones entre hombres y mujeres. Segundo, aunque pueda parecer paradójico, los datos obtenidos no permitieron realizar una delimitación plenamente adecuada de las transiciones (“fronteras”) entre categorías. Veamos porqué.

Se estima en, aproximadamente, 2,28 millones (Pointer y Attridge, 1998) el número de colores de superficie que discriminables por un observador humano común. Obviamente, el número de colores que pueden incluirse en un atlas está muy por debajo de la cifra mencionada. Consiguientemente, es seguro que entre los estímulos utilizados por Lillo *et al.* (2007, todos los de un atlas NCS) no se incluyeran los que corresponden a las fronteras exactas entre cualquier par categorías. Esto es, los que tienen exactamente las mismas posibilidades de incluirse en cualquiera de tales categorías y, por tanto, de producir un número de denominaciones similar para tales categorías. Como veremos en el capítulo 4, en esta tesis hemos utilizado un método más simple y directo para localizar las estimulaciones correspondientes a las fronteras y que, además, tiene la ventaja de que, al producir procedimientos experimentales más cortos, permite evaluar a muchas más personas en tiempo razonable.

Parte empírica.

Peculiaridades percepto-cognitivas: diferencias intralingüísticas en categorías de color básicas

En los dos capítulos anteriores se han comentado las bases de la percepción del color y la colorimetría, los conceptos de Término y Categoría Básico/a de color, así como las investigaciones más relevantes relacionadas con el debate universalismo-relativismo. También se han descrito las investigaciones realizadas en este contexto por el equipo de investigación dirigido por Julio Lillo en la Universidad Complutense de Madrid. Sus principales aportaciones relacionadas con esta tesis serían las siguientes:

1. Identificación de los Términos y Categorías Básicas de Color (TCB y CCB) para la versión del idioma Español hablado en España (Vitini, 2002; Lillo y Moreira, 2004a; Lillo *et al.*, 2007; Lillo y Moreira, 2013a; y Lillo y Moreira, 2013b) a la que en esta tesis se la identifica como “Castellano”.
2. Localización de las CCB de tal versión en el espacio de color CIELUV (Vitini, 2002; Lillo, Aguado, Moreira y Davies, 2004;) y comparación de estas con sus equivalentes en el Inglés (Británico y Norteamericano), Lillo *et al.*, (2007)
3. Uso de las CCB en personas hispanohablantes con alteraciones en la percepción del color (Lillo *et al.*, 2014, Moreira *et al.*, 2014; Lillo, Alvaro y Moreira, 2014; Lillo y Moreira, 2013c; Lillo y Moreira, 2008; Lillo y Moreira, 2005; Lillo y Moreira, 2004b; Lillo, Davies, Collado, Ponte y Vitini, 2001; Lillo, Sánchez, Collado, ponte y García, 1998; Lillo y Moreira, 2004; Lillo, Moreira y Davies, 2011) y personas mayores (Lillo *et al.*, 2012, Moreira, 2010).

Partiendo de los resultados comentados, el principal objetivo de la presente investigación fue comparar los TCBs y las CBCs de tres versiones diferentes del idioma

Español. Más concretamente, las habladas en entornos universitarios de España (Madrid, a partir de ahora denominada “Castellano”), Méjico (Guadalajara, a partir de ahora “Mejicano”) y Uruguay (Montevideo, a partir de ahora “Uruguayo”). La principal razón para efectuar esta investigación fue la de obtener un nuevo tipo de información relacionada con la polémica universalismo-relativismo. A continuación se exponen los motivos por los que se diseñaron los dos cuasi-experimentos realizados en esta tesis, los resultados que esperábamos obtener y las causas de nuestras expectativas

Las variables independientes fueron: (1) el sexo, mujer u hombre y (2) la versión del Español hablada por los participantes en la investigación, que tuvo tres valores: Castellano, Mejicano y Uruguayo. Por ello se habla de cuasi-experimentos y no de experimentos. Como es bien conocido (Martínez, Castellanos y Chacón, 2014; Fontes *et al.*, 2010; León y Montero, 2003) en un experimento la variable experimental es manipulada directamente por el investigador mientras que, en un cuasi-experimento, sus valores son seleccionados por este.

Aun y cuando los tres tipos de participantes tuvieron al Español como idioma principal, era razonable esperar que sus diferencias culturales produjesen diferencias en el uso y la denominación de los colores. Tales diferencias podrían darse a dos niveles:

1. En el número y en las ubicaciones colorimétricas de sus **Categorías de Color Básicas** y, consiguientemente, también en el de los términos básicos asociados a ellas. Esto es lo que sucedería si, por ejemplo, alguna/s de las tres versiones (Castellano, Mejicano o Uruguayo) se asociara a un uso más sofisticado del color (etapa más evolucionada en la taxonomía de Kay y colaboradores (Kay *et al*, 2009))
2. Sólo en la denominación (**Términos básicos**) de un mismo conjunto de Categorías de Color Básicas. Esto es lo que sucedería si las tres versiones del Español segmentasen el espacio de color en forma semejante y, por tanto, se ubicasen en un mismo estadio evolutivo de la taxonomía de Kay y colaboradores. En tal caso los idiomas podrían utilizar palabras distintas (p.ej. marrón y café) para denominar conjuntos similares de colores.

Los dos tipos de resultado son interesantes en el contexto de la polémica universalismo-relativismo o, para ser más exactos, y en el contexto de la información ya comentada en el apartado 2.4 del capítulo 2, en relación con la influencia de factores universalistas y relativistas. Sin duda, el primer tipo de diferencia comentado (en número y ubicación), indicaría la influencia de un factor relativista que, por otra parte, podría ser compatible con la teoría de la evolución de los lenguajes propuesta por Kay y colaboradores. Para que así fuera la segmentación del espacio de color debería ser concordante con lo ya observado en otros idiomas. Dicho en términos más concretos, si una nueva categoría, por ejemplo celeste, fuera similar a otros idiomas como el ruso, turco, etc., veríamos que la evolución sigue el patrón esperado.

Para evaluar estas expectativas se realizaron dos cuasi experimentos:

1. Un primer estudio para lograr la **Identificación de Términos de Color Básicos en tres versiones del idioma Español**, (Castellano, Mejicano y Uruguayo).
2. Un segundo estudio para la **Identificación de equivalencias entre Términos de Color Básicos y la extensión (porción del espacio de color ocupado) de Categorías de Color Básicas**

En ambos estudios se compararon las respuestas de mujeres y hombres para determinar si existían diferencias significativas entre ellas.

Capítulo 3.

Estudio 1: Identificación de Términos de Color Básicos en tres versiones del idioma español.

Como ya se comentó en la introducción general a la parte empírica, este primer estudio pretende identificar los Términos de Color Básicos en tres versiones del idioma Español, (Castellano, Mejicano y Uruguayo).

Una de las investigaciones previas de nuestro equipo (Lillo *et al*, 2007), ya comentada con anterioridad; véase apartado 2.6), se ocupó de los Términos de Color Básicos (mediante listas elicítadas y estimaciones de sinonimicidad) y de las correspondientes Categorías de Color Básicas del Castellano. En dicha investigación se utilizó una muestra en Madrid, sin influencia de bilingüismo, al no darse a la vez el uso de otra lengua cooficial en la región.

El estudio que nos ocupa pretendió realizar una tarea similar, pero con tres muestras diferentes de hispano-hablantes. Por ello se volvió a utilizar la técnica de las listas elicítadas, pero ahora para conocer el número e identidad de los Términos de Color Básicos en cada una de las variantes del Español consideradas (Castellano, Mejicano y Uruguayo).

Las listas proporcionaron información sobre: (1) la identidad de los términos utilizados, (2) su número en cada lista, (3) la frecuencia con la que cada uno apareció en cada lista, (4) el orden en que lo hizo. Tal información se utilizó para evaluar:

1. Si el número de términos utilizados en las listas variaba en función del sexo (hombres vs mujeres).
2. Si el número de términos variaba en función de la versión del Español utilizada. De ser así, evaluar si tal número era 11 (como en el Inglés británico y el americano) o 12 (como en el Ruso o el Griego).
3. Si el tipo de término (relacionado con una categoría básica o derivada) influía en su frecuencia y orden en las listas. Se esperaba que los términos primarios (rojo,

verde, azul, amarillo, blanco y negro) apareciesen más frecuentemente y en órdenes anteriores que los términos derivados (naranja, morado, rosa, marrón y gris).

3.1. Método

3.1.1. Participantes

En el experimento tomaron parte 201 personas voluntarias. Todas fueron hispano-hablantes, tuvieron visión normal del color y no fueron bilingües. De tales personas 47 (35 mujeres y 12 hombres) fueron castellano-parlantes y confeccionaron sus listas en la Universidad Complutense de Madrid, en Madrid, España. Otras 97 (57 mujeres y 40 hombres) fueron mejicano-parlantes y confeccionaron las listas en la Universidad de Guadalajara, Méjico. Por último, 57 (43 mujeres y 14 hombres) las confeccionaron en la Universidad de la República, en Montevideo, Uruguay. El rango de edades fue de 18 a 30 años (media = 19,82; desviación típica=2,54). La aplicación de un ANOVA indicó que no existían diferencias en las edades de los tres grupos. ($F=2,65$; $p=0,073$).

3.1.2. Procedimiento y materiales

Los participantes realizaron el experimento en grupos de 2-3 personas reunidas en un entorno tranquilo. Antes de confeccionar la lista se les indicó que debían utilizar una hoja de papel y un bolígrafo para responder, con los ojos cerrados, a la tarea que se les iba a explicar posteriormente. Tras cerrar los ojos se les pidió que escribieran en la parte superior de la hoja su nombre y edad. Sólo después de transcurrido un minuto con los ojos cerrados se les indicó que su tarea era la de escribir tantos nombres de colores como fuesen capaces de recordar durante dos minutos. Se les indicó que tales nombres eran el tipo de palabras que podían utilizar para indicar el color de un coche o de cualquier objeto y que, por tanto, podían servir para completar la frase: “el color de X es”. No se aceptaron nombres compuestos como rojo-bermellón o azul-oscuro. Se insistió en que las respuestas debían ser de una sola palabra. Se pidió que cada palabra fuese precedida por su número de orden y que la lista se escribiese de arriba abajo.

También se les ofreció la posibilidad de realizar la tarea en solitario con un experimentador registrando sus respuestas verbales.

3.2. Resultados

Para simplificar la exposición de los resultados, seguiremos la siguiente estructura expositiva:

1. **Número de términos en las listas:** Se registró el total de términos utilizados en las listas. En base a este dato se efectuaron las siguientes comparaciones:
 - a. **Diferencias entre hombres y mujeres**
 - b. **Diferencias entre versiones del Español (Castellano, Mejicano y Uruguayo).**
2. **Frecuencia de aparición de los términos en las listas:** Se computó el número de listas en las que aparecía cada término. Se consideró que un término era básico cuando apareció en más del 50% de las listas. Con los términos que cumplieron este criterio se realizaron comparaciones entre: (A) las tres versiones del Español (Castellano, Mejicano y Uruguayo: comparación de la frecuencia de cada término en las tres versiones) y (B) los términos básicos de cada idioma (rojo, verde, etc.; para saber si alguno era significativamente más o menos frecuente que los otros).
3. **Orden de aparición de los términos en las listas:** Se consideraron dos tipos de datos. El primero fue el orden de aparición (“orden absoluto”). El segundo fue el orden relativo (orden absoluto/número de términos en la lista concreta). Un mismo orden absoluto (p.ej. el 6º lugar de la lista) produjo distintos órdenes relativos (más bajos cuanto mayor hubiese sido sea el número total de términos en la lista). A partir de estos datos se realizaron comparaciones entre: (A) las tres versiones del Español (Castellano, Mejicano y Uruguayo) y (B) dentro de cada una de ellas.

3.2.1. Resultados respecto al número de términos utilizados

La aplicación de una serie de análisis con la U de Mann-Whitney no encontró diferencias significativas entre hombres y mujeres en ninguna de las tres versiones del

Español. Las medias y valores de U para cada una fueron las siguientes: Castellano. Hombres=10,41; mujeres=10,91; $U=176,5$; $p=0,41$. Mejicano. Hombres=13,72; mujeres=12,96; $U=960,5$; $p=0,185$. Uruguayo. Hombres=12,43; mujeres=13,32; $U=237$; $p=0,231$.

La figura 3.1 sugiere la existencia de diferencias significativas entre las versiones del Español respecto al número de términos en las listas. La aplicación de un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis confirmó esta impresión. Existieron diferencias significativas ($\chi^2=27,165$; $p=0,000$) en el número de términos utilizados en las tres versiones. La aplicación de las correspondientes pruebas U de Mann Whitney indicaron que el número de términos en la muestra española, fue significativamente menor que en la mejicana ($U=1071,5$; $p=0,00$) y la uruguaya ($U=957$; $p=0,00$). No aparecieron diferencias significativas entre las muestras mejicana y uruguaya ($U=3292$; $p=0,522$).

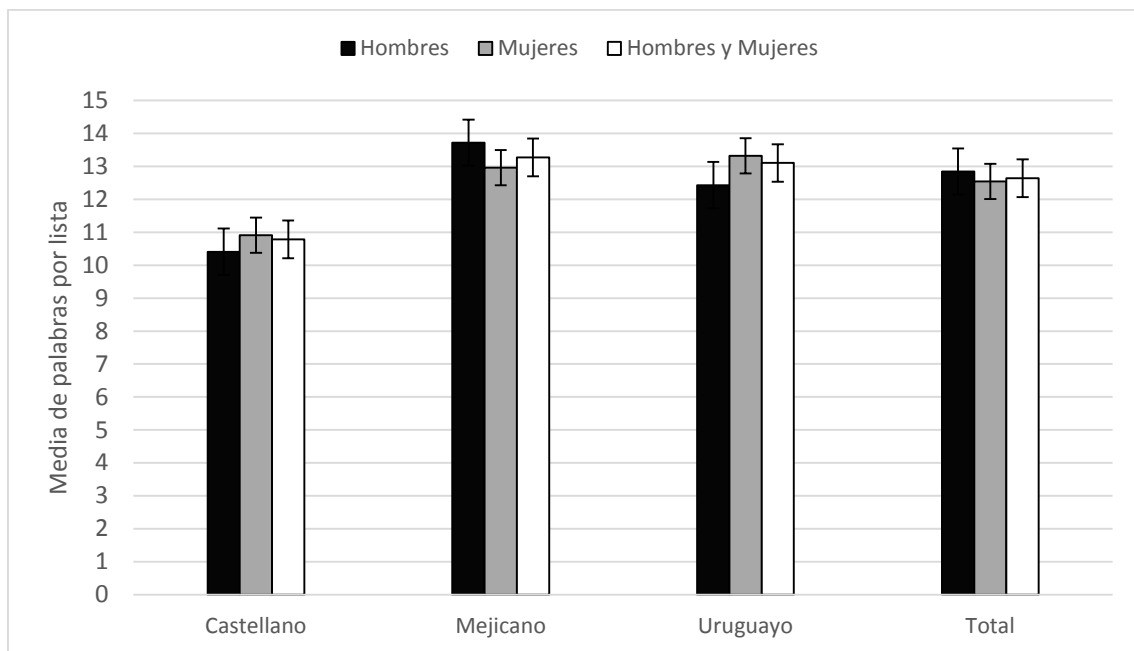


Figura 3.1. Media de palabras en las listas para las tres versiones del Español. Hombres, barras negras. Mujeres, barras grises. Hombres y mujeres, barras blancas. Las barras de dispersión se corresponden al error típico.

3.2.2. Resultados respecto a la frecuencia de aparición en las listas

Sólo se consideraron básicos los términos que aparecieron en más del 50% de las listas para una versión del Español. La tabla 3.1 muestra los tantos por ciento correspondientes a los términos que superaron este criterio.

Tabla 3.1. Frecuencias (fuera de paréntesis) y tantos por cientos (entre paréntesis) correspondientes a los términos que aparecieron en más del 50% de las listas de una versión del Español.

TCB	Castellano (%)	Mejicano (%)	Uruguayo (%)
Verde	46 (98,79)	94 (96,90)	54 (94,74)
Azul	46 (97,87)	91 (93,81)	53 (92,98)
Rojo	44 (93,62)	90 (92,78)	53 (92,98)
Amarillo	42 (89,36)	95 (97,94)	56 (98,25)
Negro	43 (91,49)	89 (91,75)	54 (94,74)
Blanco	42 (89,36)	78 (80,41)	54 (94,74)
Celeste	-	-	46 (80,70)
Gris	33 (70,21)	70 (72,16)	41 (71,93)
Naranja	32 (68,09)	83 (85,57)	44 (77,19)
Rosa	30 (63,83)	70 (72,17)	43 (75,44)
Marrón/café	30 (63,83)	83 (85,57)	46 (80,70)
Morado/violeta	29 (61,70)	82 (84,54)	50 (89,47)

La figura 3.2 facilita la interpretación de los resultados de la tabla 3.1. Hace evidente que mientras que para el Castellano y el Mejicano el número términos cromáticos básicos fue sólo de 11 (términos cromáticos primarios: *verde*, *azul*, *rojo* y *amarillo*; términos acromáticos primarios *negro* y *blanco*; términos cromáticos derivados: *naranja*, *rosa*, *marrón* y *morado*; términos acromáticos derivados: *gris*).

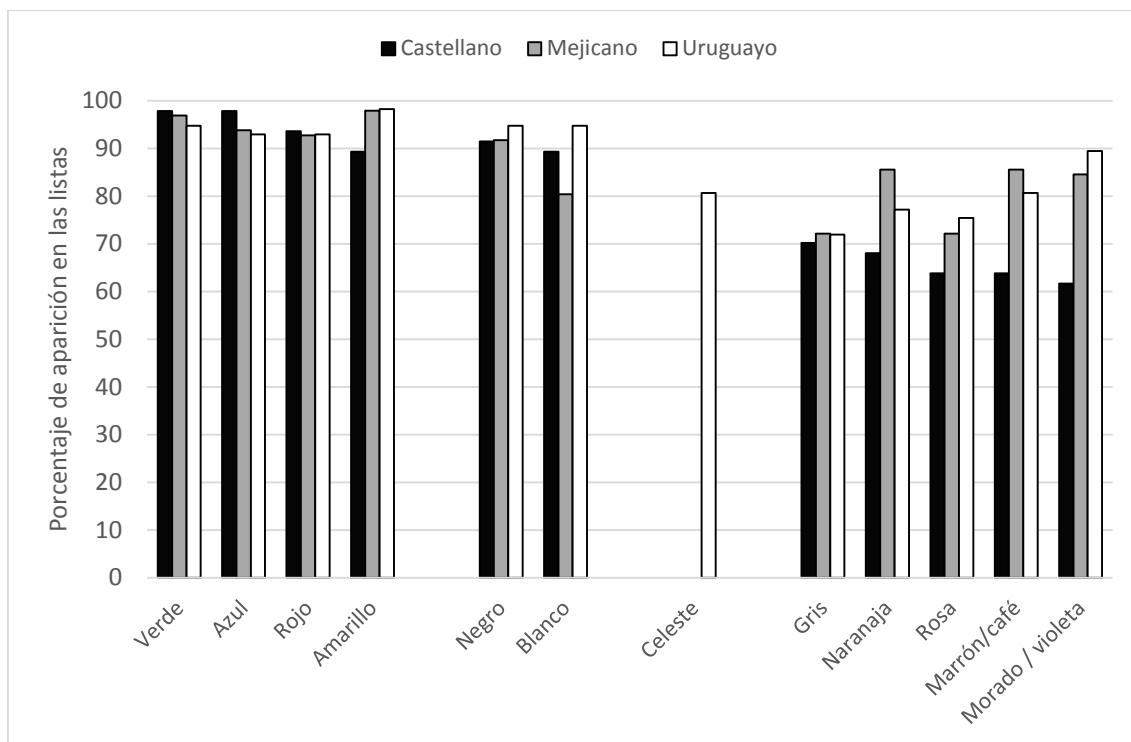


Figura 3.2. Tantos por cien de aparición en las listas para los términos que superaron el criterio del 50% de las listas correspondientes a cada versión del Español. Negro, Castellano; Gris, Mejicano; Blanco, Uruguayo.

Los resultados correspondientes a las frecuencias/porcentajes representadas en la tabla 3.1 y la figura 3.2 pueden sintetizarse indicando que: Castellano y Mejicano incluyeron 11 términos básicos, mientras que el Uruguayo incluyó 12. De estos términos.

- **9** aparecieron en las tres versiones:
 - **4 primarios cromáticos:** verde, rojo, azul y amarillo.
 - **2 primarios acromáticos:** negro y blanco.
 - **2 derivados cromáticos:** naranja y rosa.
 - **1 derivado acromático:** gris.
- **1 término** derivado cromático fue compartido por Castellano y Mejicano: morado.
- **1 término** derivado cromático fue compartida por Castellano y Uruguayo: marrón.
- **1 término** derivado cromático apareció solo en el Mejicano: café.
- **2 términos** derivados cromáticos solo aparecieron en el Uruguayo: celeste y violeta.

Para comparar la frecuencia de aparición de cada TCB en cada versión del Español se aplicó la prueba de “Ji-cuadrado” (χ^2). En la tabla 3.2 aparece un resumen de los resultados obtenidos. En la primera columna se indica el (p.ej. Verde) o los (p.ej. Marrón/Café) TCBs considerados. En la segunda los dos valores presentados corresponden, respectivamente, a los de χ^2 y p obtenidos al comparar globalmente las tres variantes del Español. Sólo cuando esta comparación fue significativa ($p < 0.05$) se usó χ^2 para efectuar comparaciones por pares entre las tres versiones del Español.

Tabla 3.2. Comparaciones entre versiones del Español (Castellano, Mejicano, Uruguayo) respecto a las frecuencias de aparición de cada TCB. La primera cifra indica el valor de χ^2 , la segunda el de la probabilidad (p); * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$. Los fondos grises corresponden a diferencias significativas

TCB	Global	Castellano Mejicano	Castellano Uruguayo	Méjico Uruguay
Verde	0,84; 0,658			
Azul	1,38; 0,503			
Rojo	0,03; 0,983			
Amarillo	4,89; 0,028*	5,04; 0,025*	6,82; 0,009**	0,07; 0,794
Negro	0,56; 0,756			
Blanco	5,41; 0,034*	1,83; 0,177	1,05; 0,306	6,02; 0,014*
Celeste	Solo en Uruguay			
Gris	0,06; 0,969			
Naranja	5,68; 0,049*	6,02; 0,014*	1,09; 0,297	1,74; 0,187
Rosa	1,79; 0,409			
Marrón/café	6,23; 0,010*	8,86; 0,003**	3,73; 0,054	0,63; 0,297
Morado/violeta	9,40; 0,001**	9,35; 0,002**	9,55; 0,002**	0,43; 0,586

Concordando con lo mostrado en la figura 3.2, los análisis resumidos en la tabla 3.2 indicaron diferencias significativas en la frecuencia de aparición en los siguientes TCBs: amarillo (Castellano menos que Mejicano y Uruguayo), blanco (Mejicano menos que Uruguayo), naranja (Castellano menos que Mejicano), marrón/café (Castellano-marrón menos que Mejicano-café), morado (Castellano-morado menos que Mejicano-morado y Uruguayo-violeta). En síntesis. Las diferencias significativas siempre correspondieron a un menor uso en el Castellano.

Las tablas 3.3, 3.4 y 3.5 resumen los resultados obtenidos al utilizar la prueba de (χ^2 para comparar por pares la frecuencia de aparición de los distintos TCB en,

respectivamente, Castellano (tabla 3.3), Mejicano (tabla 3.4) y Uruguayo (tabla 3.5). En su primera columna se indica la identidad del TCB con mayor frecuencia para el par comparado (p.ej. Verde) En la segunda el valor concreto de tal frecuencia (p.ej. 46). En la tercera el máximo valor (p.ej. 39) que podría tener el TCB de menor frecuencia para concluir que tal frecuencia es significativamente ($p < 0.05$) inferior a la indicada en la segunda columna. Por concretar con caso completo, en la tabla 3.3 se puede observar que para Verde y Azul la frecuencia fue de 46 (“frecuencia mayor”). A este valor empírico le corresponde una frecuencia menor de 39, valor estimado ya que al compararlo con 48 produce una χ^2 la que corresponde un valor p menor de 0,05 ($\chi^2=6,02$; $p=0,030$) y, por tanto, una diferencia significativa. Puesto que 39 está por encima de cuatro de los valores presentes en la columna 2 (los correspondientes a las frecuencias empíricas para gris, naranja, rosa-marrón, morado), puede concluirse que verde-azul tuvieron una frecuencia significativamente mayor a la de las categorías que se acaban de mencionar.

Tabla 3.3. Frecuencias de referencia y resultados de la comparación entre pares de frecuencias para el Castellano.

TCB	Frecuencia Mayor	Frecuencia Menor	χ^2	Significación (p)
Verde – Azul	46	39	6,02	0,030
Rojo	44	36	5,37	0,040
Negro	43	34	5,82	0,030
Amarillo - Blanco	42	33	5,34	0,038
Gris	33	22	5,30	0,036
Naranja	32	21	5,23	0,037
Rosa –Morrón	30	19	5.16	0,038
Morado	29	18	5,15	0,039

Los valores enteros de la segunda columna corresponden a las frecuencias de aparición en listas. Para la muestra española el máximo posible 47

Utilizando el razonamiento expuesto y considerando los datos correspondientes a la muestra castellanohablante (tabla 3.3), pudo concluirse que: (1) los 11 términos básicos aparecieron en las listas significativamente más que cualquier término no básico. Esto es, el término menos frecuente de lo básicas (morado) apareció en un 29

listas y se pudo deducir que este valor era significativamente mayor a cualquiera igual o inferior a 18 (todos los términos no básicos estuvieron en esta situación).

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre, de una parte, los términos básicos primarios (verde, azul, rojo, negro, amarillo, blanco) y, de otra parte, los básicos derivados (gris, naranja, rosa, marrón, morado). No aparecieron diferencias significativas entre los básicos primarios, ni entre los derivados.

Partiendo de lo indicado en las tablas 3.1 y 3.4 puede concluirse que para el Mejicano se observa el mismo patrón general que para el Castellano, excepto en lo que tiene que ver con el blanco: No hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ningún par de términos primarios (p.ej. entre azul y negro), ni entre pares de derivados (p.ej. rosa y marrón). Por el contrario, en muchos pares formados por un término primario y otro derivado (p.ej. verde y naranja) el primero tuvo una frecuencia significativamente superior ($p < 0,05$) al segundo. En términos más concretos, todos los TCBs primarios aparecieron con una frecuencia significativamente mayor que rosa y gris. Por otra parte, amarillo y verde, aparecieron significativamente más que todas las derivadas (rosa y gris, naranja, café y morado).

Como se ha indicado, en el mejicano el TCB Blanco tuvo una frecuencia de aparición similar al de los términos derivados. No se diferenció significativamente de ninguna de estos y apareció significativamente menos ($p < 0,05$) que cualquiera de los primarios.

Tabla 3.4. Frecuencias de referencia y resultados de la comparación entre pares de frecuencias para el Mejicano.

TCB	Frecuencia Mayor	Frecuencia Menor	χ^2	Significación (p)
Amarillo	95	87	5,69	0,033
Verde	94	86	4,93	0,049
Azul	91	81	5,13	0,040
Rojo	90	80	4,76	0,048
Negro	89	78	5,21	0,037
Naranja – Café	83	71	4,54	0,050
Morado	82	69	5,05	0,037
Blanco – Rosa	78	65	4,50	0,050
Gris	70	56	4,44	0,050

Los valores enteros de la segunda columna corresponden a las frecuencias de aparición en listas. Para la muestra mejicana el máximo posible fue 97.

Partiendo de lo indicado en las tablas 3.1 y 3.5 puede concluirse que también para el Uruguay se da el mismo patrón general que para el Castellano y el Mejicano: todos los TCBs se usaron significativamente más que los términos no básicos. Los términos básicos primarios se usaron significativamente más que los derivados (en este grupo se incluye el celeste), no existiendo diferencias dentro de cada grupo de TCBs. La principal excepción es que Violeta presenta una frecuencia de aparición a mitad de camino entre los primarios y los derivados: no presenta diferencias significativas respecto a los primarios. Sin embargo presenta una frecuencia significativamente mayor que rosa y gris.

Tabla 3.5. Comparación dentro de la muestra uruguaya según la frecuencia de aparición, siendo esta superior al 50%.

TCB	Frecuencia Mayor	Frecuencia Menor	χ^2	Significación (p)
Amarillo	56	50	4,84	0,028
Blanco–Negro-Verde	54	47	4,25	0,039
Azul – Rojo	53	45	4,65	0,031
Violeta	51	43	3,88	0,049
Marrón – Celeste	46	36	4,35	0,037
Naranja	44	34	4,06	0,044
Rosado	43	33	3,95	0,047
Gris	41	30	4,52	0,340

Los valores enteros de la segunda columna corresponden a las frecuencias de aparición en listas. Para la muestra uruguaya el máximo posible fue 57.

La tabla 3.6 recoge un último tipo de información relacionada con la frecuencia de aparición de los términos utilizados para denominar colores en las listas. Como indica el encabezamiento de su primera columna la información presentada se refiere a distintos términos, no necesariamente básicos. El primero, “viomora” no corresponde a ninguna denominación real, sino que es el resultado de combinar dos palabras. Violeta y Morado. En línea con lo comentado en el apartado 2.6, los porcentajes de viomora que aparecen en la tabla 3.6 corresponden a las listas en las que apareció o el término violeta o el término morado. Para facilitar la comparación con nuestros datos actuales, la segunda columna de la tabla 3.6 reproduce los porcentajes de viomora, violeta y morado obtenidos en Lillo *et al.* (2007). Los correspondientes análisis de Ji cuadrado

indicaron que no existieron diferencias significativas ($\chi^2=2,70$; $p=0,440$) entre la frecuencia de aparición de viomora entre las tres versiones del Español evaluadas, ni entre cualquiera de estas y la investigación previa de Lillo y colaboradores. Por el contrario, si existieron diferencias significativas referidas al uso de violeta ($\chi^2=40,91$; $p=0,000$), siendo de mayor en el Uruguayo (Castellano Lillo et al., 2007 vs Uruguayo $\chi^2=17,30$; $p=0,000$; Castellano vs Uruguayo $\chi^2=28,16$; $p=0,000$; Mejicano vs Uruguayo $\chi^2=37,24$; $p=0,000$) y al de morado ($\chi^2=96,71$; $p=0,000$), siendo mayor en el mejicano y menor en el Uruguayo (Castellano Lillo et al., 2007 vs Mejicano $\chi^2=13,07$; $p=0,000$; Castellano Lillo et al., 2007 vs Uruguayo $\chi^2=38,50$; $p=0,000$; Castellano vs Mejicano $\chi^2=13,07$; $p=0,003$; Castellano vs Uruguayo $\chi^2=41,70$; $p=0,000$; Mejicano vs Uruguayo $\chi^2=95,07$; $p=0,000$).

Beige es el último de los términos de color que aparece en la tabla 3.6. Aunque en ninguna de las versiones del Español evaluadas superó el criterio de basicidad, casi sucedió así para el Mejicano. La aplicación de una serie análisis de Ji cuadrado indicaron que existían diferencias significativas ($p<0.05$) entre la frecuencia de aparición de beige entre las cuatro versiones del Español evaluadas ($\chi^2=18,03$; $p=0,000$). Más concretamente en el Mejicano fue superior el uso que en el resto (Castellano Lillo et al., 2007 vs Mejicano $\chi^2=13,07$; $p=0,000$; Castellano vs Mejicano $\chi^2=8,64$; $p=0,003$; Mejicano vs Uruguayo $\chi^2=13,28$; $p=0,000$).

Tabla 3.6. Porcentajes de aparición correspondientes a Viomora, Violeta, Morado y Beige en las tres versiones del Español evaluadas. Para facilitar la comparación la segunda informa de los datos equivalentes en la investigación de Lillo et al (2007).

Términos	Lillo et al., 2007%	Castellano %	Mejicano %	Uruguayo %
Viomora	86,5	87,23	93,81	89,47
Violeta	53,8	40,43	39,18	89,47
Morado	57,7	61,70	84,54	3,51
Beige	28,8	21,28	48,45	17,54

3.2.3. Resultados respecto al orden de aparición de los términos en las listas

Se computaron dos valores de orden: absoluto y relativo. El absoluto fue aquel en el que apareció un término en una lista. El relativo fue el resultado obtenido al dividir este valor por el número total de términos de la lista. La tabla 3.7 muestra las medias de los valores de orden absolutos (fuera de paréntesis) y relativos (entre paréntesis) para cada TCB y versión del Español.

Tabla 3.7 Ordenes de aparición absolutos (fuera de paréntesis) y relativos (entre paréntesis) para los TCBs de las tres versiones del Español (Castellano, Mejicano y Uruguayo).

TCB	Castellano	Mejicano	Uruguayo
Verde	3,59 (0,33)	4,62 (0,34)	5,20 (0,40)
Azul	2,89 (0,30)	3,04 (0,23)	3,26 (0,25)
Rojo	3,20 (0,30)	3,59 (0,27)	2,68 (0,21)
Amarillo	4,05 (0,39)	5,21 (0,39)	4,45 (0,35)
Negro	6,49 (0,58)	6,78 (0,50)	6,87 (0,53)
Blanco	6,93 (0,64)	8,06 (0,60)	7,06 (0,54)
Gris	8,67 (0,73)	8,11 (0,60)	8,76 (0,64)
Naranja	6,97 (0,63)	7,11 (0,54)	7,25 (0,56)
Rosa	7,29 (0,62)	6,85 (0,50)	7,67 (0,59)
Marrón/Café	8,65 (0,72)	8,45 (0,61)	9,20 (0,68)
Morado/Violeta	7,00 (0,62)	6,12 (0,33)	6,47 (0,49)
Celeste	-	-	8,09 (0,62)

La figura 3.3 se ha confeccionado a partir de los correspondientes resultados de la tabla 3.7 y muestra las medias de los órdenes absolutos correspondientes a cada TCB agrupadas en base al tipo de categoría con el que, presumiblemente, se relaciona cada términos. En forma similar a cómo se hizo para la frecuencia (véase figura 3.2), a la izquierda se muestran los resultados correspondientes a los términos cromáticos primarios (verde, azul, rojo y amarillo). En el centro los correspondientes a los acromáticos primarios (negro y blanco). A la derecha los correspondientes a los derivados (celeste, gris, naranja, rosa, marrón/café, morado/violeta). La impresión que proporciona la figura 3.3 es (1) Los órdenes en los que aparecen los TCBs en las tres

versiones del Español son muy parecidos y (2) los términos primarios cromáticos aparecieron antes que los demás.

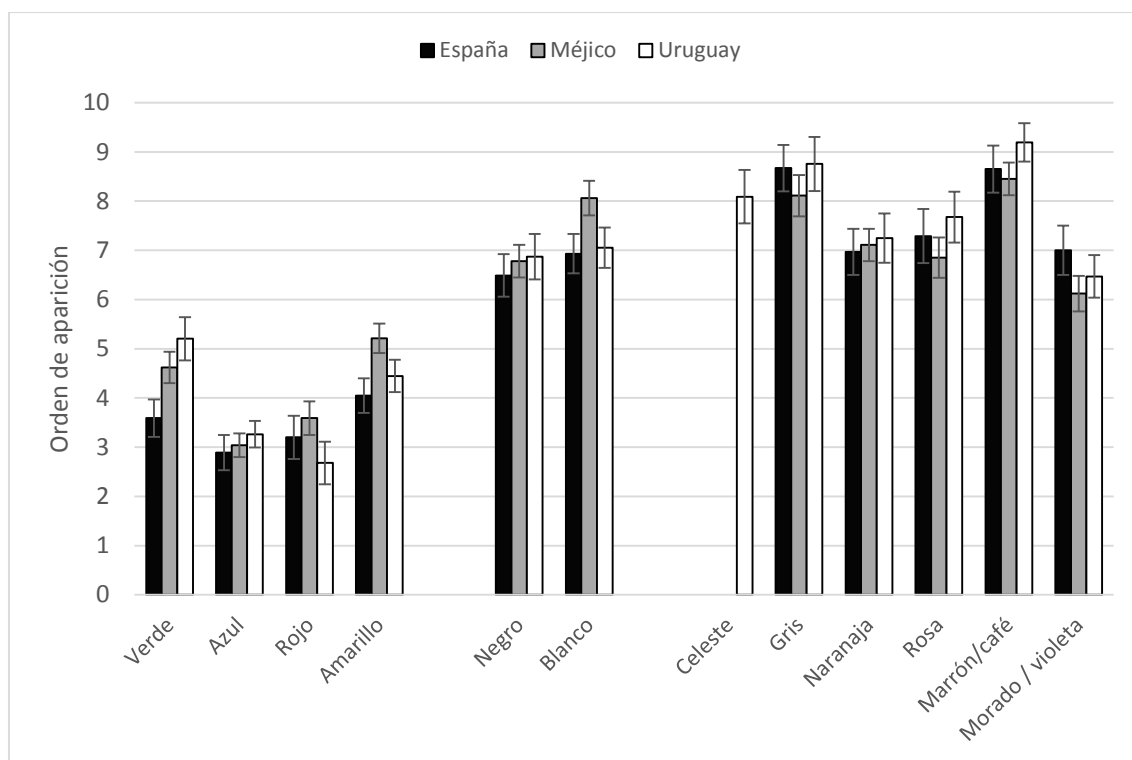


Figura 3.3. Ordenes absolutos medios para los TCBs en las tres versiones del Español (Castellano, barras negras; Mejicano, grises; Uruguayos, blancas).

Para evaluar la significación de las diferencias en el orden absoluto de cada TCB entre las tres versiones del Español se realizaron una serie de análisis de Varianza de Kruskal-Wallis (χ^2) complementados, en su caso, con los correspondientes análisis con la U de Mann-Whitney. Los resultados se resumen en la tabla 3.8. Sólo hubo diferencias significativas para verde (en Castellano antes que en Uruguayo), amarillo (Uruguayo después que Castellano y antes que Mejicano) y para blanco (en Uruguayo antes que en Mejicano).

Tabla 3.8. Comparaciones entre versiones del Español (Castellano, Mejicano, Uruguayo) respecto al orden absoluto de aparición de los términos básicos. La primera cifra indica el valor del estadístico (χ^2 o U), la segunda el de la probabilidad (p); *=p<0.05; **=p<0.01. Los fondos grises indican diferencias significativas

TCB	Global χ^2 ; (p)	Castellano Mejicano U; (p)	Castellano Uruguayo U; (p)	Mejicano Uruguayo U; (p)
Verde	6,28; (0,043)*	1881; (0,146)	980; (0,016)*	2201; (0,134)
Azul	5,90; (0,052)			
Rojo	4,29; (0,117)			
Amarillo	27,94; (0,000)**	1731; (0,143)	1313; (0,002)**	2346; (0,000)**
Negro	0,65; (0,772)			
Blanco	10,12; (0,006)**	1313; (0,060)	1252; (0,246)	1826; (0,002)**
Gris	1,99; (0,369)			
Naranja	3,87; (0,145)			
Rosa	1,67; (0,434)			
Marrón/café	3,29; (0,193)			
Morado/violeta	3,52; (0,172)			

Para evaluar, en cada versión del Español, la significación de las diferencias en el orden absoluto de los TCBs (figura 3.3) se aplicaron tres series de análisis de Wilcoxon. En cada análisis se compararon los órdenes en un par de TCBs (p.ej. verde y azul) y una versión del Español (p.ej. el Castellano). Las tablas 3.9 (Castellano), 3.10 (Mejicano) y 3.11 (Uruguayos) muestran los valores Z correspondientes a cada comparación (p.ej. para azul vs verde en Castellano fue de -1,49). En las zonas sombreadas el uso de asteriscos (p <0.05 =*; p< 0.01 = **) indica los niveles de significación alcanzados.

Tabla 3.9. Contraste de los TCB en el Castellano para el orden de aparición absoluto: Por debajo de la diagonal se muestran los valores de Z (p.ej. Azul vs Ver. $Z=-1,49$)

TCB	Ver	Azul	Rojo	Am	Neg	Blan	Gris	Nar	Rosa	Mar
Ver										
Azul	-1,49									
Rojo	-0,71	-0,69								
Am.	-0,89	-2,84**	-1,76							
Neg	-4,02**	-4,46**	-3,56**	-3,39**						
Blan	-3,94**	-4,35**	-3,42**	-3,19**	-0,38					
Gris	-4,15**	-4,38**	-4,19**	-4,16**	-3,37**	-2,76**				
Nar	-3,83**	-3,72**	-2,93**	-3,94**	-0,58	-0,21	-2,46*			
Rosa	-3,41**	-4,31**	-3,35**	-3,77**	-0,25	-0,04	-2,23*	-0,38		
Mar	-4,24**	-4,07**	-3,97**	-4,18**	-2,50*	-2,27*	-0,51	-2,44*	-2,93**	
Mor	-2,56*	-3,24**	-2,84**	-2,98**	0,00	-0,10	-1,82	-0,31	-0,32	-3,27**

Los datos sombreados son significativos (con $p<0.05=*$ y $p<0.01=**$). Ver=Verde, Am=Amarillo, Neg=Negro, Blan=Blanco, Nar=Naranja, Mar=Marrón y Mor=Morado

Tabla 3.10. Contraste de los TCB en el Mejicano para el orden de aparición absoluto: Por debajo de la diagonal se muestran los valores de Z (p.ej. Azul vs Ver. $Z=-3,20$).

TCB	Ver	Azul	Rojo	Am.	Neg	Blan	Gris	Nar	Rosa	Café
Ver										
Azul	-3,20**									
Rojo	-2,44*	-0,46								
Am	-1,57	-5,15**	-4,38**							
Neg	-4,03**	-6,18**	-5,22**	-2,89**						
Blan	-5,89**	-6,94**	-5,76**	-4,62**	-2,10*					
Gris	-4,82**	-5,92**	-5,92**	-4,35**	-2,52*	-0,31				
Nar	-5,34**	-6,39**	-5,62**	-4,64**	-0,86	-1,34	-1,90			
Rosa	-3,59**	-5,53**	-4,07**	-2,46*	-0,08	-1,48	-1,82	-0,64		
Café	-6,01**	-7,22**	-6,45**	-6,00**	-2,64**	-0,66	-0,29	-2,26*	-2,33*	
Mor	-3,67**	-5,66**	-4,12**	-1,73	-1,52	-3,16**	-2,71**	-1,25	-0,93	-3,83**

Los datos sombreados son significativos (con $p<0.05=*$ y $p<0.01=**$). Ver=Verde, Am=Amarillo, Neg=Negro, Blan=Blanco, Nar=Naranja y Mor=Morado

Tabla 3.11. Contraste de los TCB en el Uruguayo para el orden de aparición absoluto: Por debajo de la diagonal se muestran los valores de Z (p.ej. Azul vs Ver. $Z=-3,50$)

TCB	Ver	Azul	Rojo	Am	Neg	Blan	Gris	Nar	Rosa	Mar	Vio
Ver											
Azul	-3,50**										
Rojo	-4,05**	-1,50									
Am	-1,17	-2,37*	-3,58**								
Neg	-2,48*	-5,41**	-4,81**	-3,24**							
Blan	-2,54*	-5,03**	-5,35**	-3,84**	-0,06						
Gris	-3,88**	-4,78**	-5,15**	-4,10**	-2,59**	-2,09*					
Nar	-3,14**	-5,27**	-5,03**	-4,05**	-0,87	-0,33	-1,31				
Rosa	-2,61**	-4,50**	-4,36**	-3,74**	-0,15	-0,88	-0,90	-0,73			
Mar	-4,52**	-5,58**	-5,49**	-5,07**	-3,07**	-2,96**	-0,97	-2,34*	-1,83		
Vio	-1,77	-4,51**	-4,75**	-3,53**	-1,16	-1,26	-2,53*	-0,97	-2,01*	-3,32**	
Cel	-3,36**	-4,81**	-4,37**	-3,68**	-1,13	-0,85	-0,98	-1,03	-1,02	-1,23	-1,83

Los datos sombreados son significativos (con $p<0.05=*$ y $p<0.01=**$). Ver=Verde, Am=Amarillo, Neg=Negro, Blan=Blanco, Nar=Naranja, Mar=Marrón, Vio=Violeta y Cel=Celeste

Combinando la información proporcionada por la figura 3.3 y las tablas 3.9, 3.10 y 3.11, se pueden describir los resultados obtenidos indicando que en los tres grupos de hispanohablantes se dio el siguiente patrón general: (1) los términos cromáticos primarios aparecieron significativamente antes que los restantes tipos de términos básicos (acromáticos primarios y derivados). Por otra parte, dentro de los cromáticos primarios, los de azul y rojo aparecieron significativamente antes que los de verde y amarillo. La principal excepción al patrón descrito se dio para el Castellano respecto a las diferencias entre las categorías básicas primarias. En concreto, aunque tales diferencias fueron en el sentido descrito (azul y rojo antes que verde y amarillo), sólo fueron significativas entre azul y amarillo). Por otra parte, los datos del Uruguayo indicaron que celeste mostró para todas las comparaciones estadísticas posibles el patrón esperado para las categorías derivadas: apareció significativamente después que las 4 cromáticas primarias y no se diferenció de ningún otro TCB.

Tal y como se hizo respecto a los órdenes absolutos, la evaluación de las diferencias en los órdenes **relativos de las** TCB entre las tres versiones del Español (ver figura 3.4) se realizó mediante una serie de análisis de Varianza de Kruskal-Wallis (χ^2) complementados, en su caso, con análisis con la U de Mann-Whitney- Los resultados obtenidos se resumen en la tabla 3.12. Aparecieron diferencias significativas para rojo

(en Uruguayo antes que en Castellano), gris y marrón/café (en Mejicano antes que en Castellano) y morado/violeta (en Mejicano antes que Uruguayo y que Castellano).

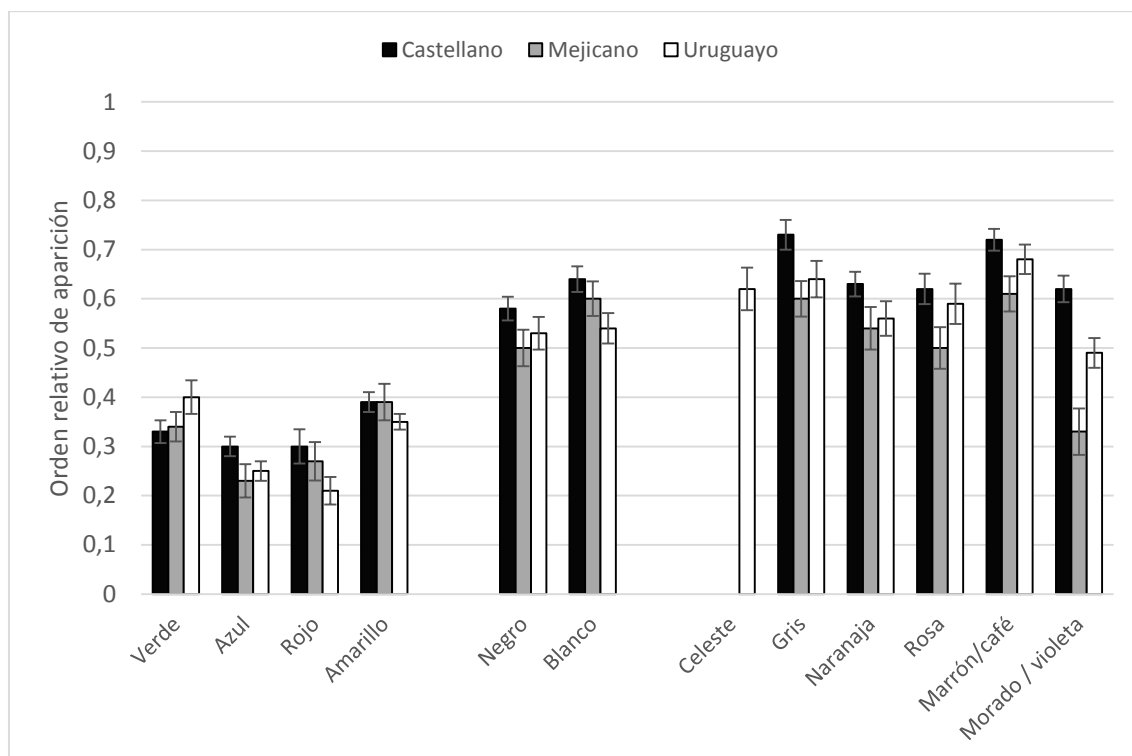


Figura 3.4. Orden de aparición relativa de los TCBs en las tres versiones del Español (Castellano, Mejicano y Uruguayo)

Tabla 3.12. Comparaciones entre versiones del Español (Castellano, Mejicano, Uruguayo) respecto al orden relativo de aparición para términos con frecuencias superiores al 50%. La primera cifra indica el valor de χ^2 o de U, la segunda el de la probabilidad (p); * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$. Los fondos grises indican diferencias significativas

TCB	Global χ^2 ; (p)	Castellano Mejicano U; (p)	Castellano Uruguayo U; (p)	Mejicano Uruguayo U; (p)
Verde	2,25; (0,324)			
Azul	3,66; (0,160)			
Rojo	6,68; (0,036)*	1762; (0,260)	799,5; (0,008)**	2010,5; (0,097)
Amarillo	3,01; (0,222)			
Negro	2,77; (0,250)			
Blanco	4,13; (0,127)			
Gris	6,42; (0,040)*	832; (0,013)*	542,5; (0,100)	1292,5; (0,385)
Naranja	3,87; (0,145)			
Rosa	5,34; (0,068)			
Marrón/café	6,44; (0,040)*	892; (0,022)*	618,5; (0,447)	1559,5; (0,086)
Morado/violeta	8,18; (0,017)*	823,5; (0,008)**	519; (0,016)*	1935,5; (0,472)

Para evaluar en cada versión del Español la significación de las diferencias en el orden relativo de los TCBs (figura 3.4) se aplicaron tres series de análisis de Wilcoxon. Las tablas 3.13 (Castellano), 3.14 (Mejicano) y 3.15 (Uruguayos) muestran los valores Z correspondientes a cada comparación. En las zonas sombreadas el uso de asteriscos ($p < 0.05 = *$; $p < 0.01 = **$) indica los niveles de significación alcanzados.

Tabla 3.13. Contraste de los TCB en el Castellano para el orden relativo de aparición: Por debajo de la diagonal se muestran los valores de Z (p.ej. Azul vs Ver. $Z = -1,12$)

TCB	Ver	Azul	Rojo	Am	Neg	Blan	Gris	Nar	Rosa	Mar
Ver										
Azul	-1,12									
Rojo	-0,67	-0,68								
Am	-0,87	-2,87**	-2,03							
Neg	-3,89**	-4,38**	-3,39**	-3,24**						
Blan	-4,00**	-4,37**	-3,35**	-3,10**	-0,59					
Gris	-4,07**	-4,37**	-4,19**	-4,16**	-3,39**	-2,53*				
Nar	-3,89**	-3,79**	-2,68**	-3,92**	-0,61	-0,34	-2,56*			
Rosa	-3,60**	-4,29**	-3,39**	-3,69**	-0,08	-0,10	-2,43*	-0,19		
Mar	-4,23**	-4,12**	-3,93**	-4,15**	-2,72**	-2,53*	-0,56	-2,25*	-3,00**	
Mor	-2,69**	-3,06**	-2,50*	-2,65**	-0,14	-0,10	-1,81	-0,03	-0,25	-3,18**

Los datos sombreados son significativos (con $p < 0.05 = *$ y $p < 0.01 = **$). Ver=Verde, Am=Amarillo, Neg=Negro, Blan=Blanco, Nar=Naranja, Mar=Marrón y Mor=Morado

Tabla 3.14. Contraste de los TCB en el Mejicano para el orden relativo de aparición: Por debajo de la diagonal se muestran los valores de Z (p.ej. Azul vs Ver. $Z = -3,27$).

TCB	Ver	Azul	Rojo	Am.	Neg	Blan	Gris	Nar	Rosa	Café
Ver										
Azul	-3,27**									
Rojo	-2,16*	-0,56								
Am	-1,73	-5,21**	-4,26**							
Neg	-4,07**	-5,97**	-5,21**	-2,77**						
Blan	-5,90**	-6,94**	-5,82**	-4,75**	-1,98*					
Gris	-4,96**	-5,94**	-5,94**	-4,36**	-2,51*	-0,52				
Nar	-5,36**	-6,41**	-5,67**	-4,60**	-1,08	-1,30	-1,77			
Rosa	-3,64**	-5,38**	-3,89**	-2,41*	-0,05	-1,66	-1,99	-0,62		
Café	-6,07**	-7,07**	-6,42**	-6,04**	-2,62**	-0,61	-0,28	-2,15*	-2,24*	
Mor	-3,71**	-5,46**	-4,03**	-1,62	-1,54	-3,33**	-2,79**	-1,34	-0,80	-3,76**

Los datos sombreados son significativos (con $p < 0.05 = *$ y $p < 0.01 = **$). Ver=Verde, Am=Amarillo, Neg=Negro, Blan=Blanco, Nar=Naranja y Mor=Morado

Tabla 3.15. Contraste de los TCB en el Uruguayo para el orden relativo de aparición: Por debajo de la diagonal se muestran los valores de Z (p.ej. Azul vs Ver. $Z=-3,59$).

TCB	Ver.	Azul	Rojo	Am.	Neg.	Blan.	Gris	Nar.	Rosa	Mar	Mor.	Cel.
Ver.												
Azul	-3,59**											
Rojo	-3,88**	-1,25										
Am.	-1,40	-2,35*	-3,55**									
Neg.	-2,50*	-5,47**	-4,84**	-3,13**								
Blan	-2,37*	-5,13**	-5,42**	-3,80**	-0,30							
Gris	-3,72**	-4,77**	-5,12**	-4,01**	-2,65**	-2,07*						
Nar.	-3,15**	-5,21**	-5,02**	-4,05**	-0,74	-0,32	-1,42					
Rosa	-2,65**	-4,53**	-4,46**	-3,73**	-0,54	-1,03	-0,71	-0,82				
Mar	-4,45**	-5,55**	-5,53**	-4,92**	-3,12**	-3,04**	-1,09	-2,35*	-1,56			
Mor.	-1,77	-4,47**	-4,77**	-3,49**	-1,05	-1,27	-2,60**	-1,03	-2,19*	-3,26*		
Cel.	-3,60**	-4,87**	-4,52**	-3,68**	-1,54	-1,02	-0,89	-1,21	-1,19	-1,22	1,95	

Los datos sombreados son significativos (con $p<0.05=*$ y $p<0.01=**$). Ver=Verde, Am=Amarillo, Neg=Negro, Blan=Blanco, Nar=Naranja, Mar=Marrón, Mor=Morado y Cel=Celeste

Combinando la información proporcionada por la figura 3.4 y las tablas 3.13, 3.14 y 3.15, se pueden describir los resultados obtenidos en forma similar a cómo se hizo para los datos de órdenes absolutos. Esto es, en los tres grupos de hispanohablantes se dio el siguiente patrón general: (1) los términos cromáticos primarios aparecieron significativamente antes que los restantes tipos de términos básicos (acromáticos primarios y derivados). Por otra parte, dentro de los cromáticos primarios, los de azul y rojo aparecieron significativamente antes que los de verde y amarillo. La principal excepción al patrón descrito se dio para el Castellano respecto a las diferencias entre las categorías básicas primarias. En concreto, aunque tales diferencias fueron en el sentido descrito (azul y rojo antes que verde y amarillo), sólo fueron significativas entre azul y amarillo). Por otra parte, los datos del Uruguayo indicaron que celeste mostró para todas las comparaciones estadísticas posibles el patrón esperado para las categorías derivadas: apareció significativamente después que las 4 cromáticas primarias y no se diferenció de ningún otro TCB.

La principal diferencia entre los datos absolutos y los relativos se dio en relación con el término de morado en el Mejicano. Tal término apareció en órdenes que lo aproximaban a los básicos primarios (no tuvo diferencias significativas respecto a amarillo) que fueron significativamente anteriores a los de las categorías blanco, gris y café.

3.3. Discusión

Los resultados obtenidos para el Castellano muestran una importante semejanza con los descritos en Lillo et al, (2007, experimento 1). Por tanto, puede considerarse que confirman lo allí descrito. Tanto aquí como en el estudio citado las listas confeccionadas indicaron que: (1) no aparecieron diferencias significativas en el número de términos utilizados por hombres y mujeres. (2) sólo once términos (rojo, verde, azul, amarillo, blanco, negro, marrón, naranja, rosa, morado y gris) aparecieron en más del 50% de las listas y, por ello, se consideran básicos. (3) Dentro de tales términos los que parecen directamente relacionados con las categorías de color básicas primarias (rojo, verde, azul y amarillo) fueron los más frecuentes y los que aparecieron antes en las listas. (4) Los dos relacionados con las categorías básicas acromáticas (blanco y negro) aparecieron con frecuencias similares a los cuatro anteriores pero en orden posterior. (5) aunque beige fue un término que no alcanzó el criterio del 50%, tuvo un uso similar (21,28%) al encontrado en nuestra investigación anterior (28.8%). Contrastando con estos valores, para el Mejicano beige fue un término con una frecuencia de aparición (48,45 %) muy próximo al requerido para ser considerado como básico.

Nueve de los términos básicos del Castellano aparecen también en el Mejicano y el Uruguayo: rojo, verde, azul, amarillo, blanco, negro, naranja, rosa y gris. Como mostrará el segundo estudio realizado en esta tesis (véase capítulo 4) tal semejanza no sólo se da a nivel de términos sino, también, a nivel de categorías. Como veremos, la realización de una tarea de denominación mostrará que castellanos, mejicanos y uruguayos tienden a coincidir respecto a que estímulos pueden denominarse con las nueve categorías que acabamos de mencionar. Por otra parte, en el próximo capítulo también se verá que las categorías que los castellanos identifican como marrón y morado reciben denominaciones distintas en el Mejicano (café por marrón) y el Uruguayo (violeta por morado). Es interesante indicar que en Lillo et al (2007), y en la muestra castellana utilizada aquí, las listas mostraron tanto la presencia de morado (por encima de 50%), como la de violeta (por debajo de 50%) y por eso se computó el tanto por ciento correspondiente a “viomora” para las personas que utilizaban cualquiera de las dos denominaciones (o violeta o morado) que Lillo et al (op.cit.) comprobaron sinónimas. Los datos actuales indican que en el Mejicano claramente predomina la de

morado (84,54% frente a sólo el 39,18% para violeta), mientras que en el Uruguayo predomina la de violeta (89,47% frente a sólo el 3,51% para morado).

Además de lo relacionado con el uso de los términos “café” y “violeta”, las principales diferencias entre el Castellano y las otras dos versiones del Español evaluadas son: (1) la forma en cómo se usa el término blanco en el Mejicano y (2) la constatación de que sólo en el Uruguayo el término celeste supera el criterio del 50% y, por tanto, puede considerarse como básico. Analicemos cada uno de estos hechos con algo de detenimiento.

Para el Castellano y el Uruguayo el término blanco: (1) tuvo una frecuencia similar al de los restantes términos relacionados con categorías primarias (fue significativamente más frecuente que los relacionados con categorías derivadas) y (2) tuvo un orden de aparición similar al del negro (el término relacionado con una categoría primaria acromática. Contrastando con lo que se acaba de indicar el comportamiento de blanco en el mejicano fue similar al de los términos relacionados con categorías derivadas tanto en lo referido en frecuencia (menor que la de los otros términos primarios) como en orden (relativamente tardío).

En general, nuestros resultados son concordantes con lo esperable desde la TEU (Teoría de la Evolución Universal, Kay et al, 2009; véase apartado 2.5). Esto es, aunque las versiones del Español difieran respecto al número de términos básicos que incorporan (11 o 12) estos parecen referirse a categorías muy similares (9 términos coincidentes) con relevancias aparentemente relacionadas con la forma en cómo se usan las sensaciones básicas de la teoría de Hering. Los términos que denotan una sola de estas sensaciones (términos primarios; rojo, verde, azul, amarillo, blanco y negro): (1) tienden a ser más frecuentes, (2) aparecen antes y (3) se asocian al uso del mismo término en las tres versiones del Español. Por el contrario, los términos que parecen relacionarse con más de una sensación básica (términos derivados: naranja, morado/violeta, rosa, marrón/café, celeste), tienden a ser menos frecuentes, aparecen después y pueden asociarse a términos distintos (marrón o café, morado o violeta).

Los datos proporcionados por las listas elicítadas sólo permiten extraer conclusiones seguras respecto a los términos (p.ej. indicar que el Uruguayo tiene 1 TCB más que el Castellano y el Mejicano) utilizados por un idioma. Además permiten realizar hipótesis referidas a la relación existente entre tales términos y las

características de las categorías que supuestamente denominan. Sin embargo, es necesario realizar algún tipo de tarea de denominación para poder saber si tales hipótesis son o no adecuadas. Los resultados obtenidos al realizar tal tarea se describen en el próximo capítulo. Las hipótesis que se evaluarán son las siguientes:

1. Salvo en el caso del azul y del blanco, las porciones del espacio de color identificadas con un mismo TCB en las tres versiones del Español (rojo, verde, amarillo, negro, naranja, rosa, gris) son semejantes en los tres idiomas y, por tanto, identifican a una misma CCB. Por ejemplo, el término rojo identifica a una misma categoría en Castellano, Mejicano y Uruguayo. Esto es, sirve para denominar a los mismos colores.
2. Aunque azul y blanco aparecen en las tres versiones, pueden identificar a categorías parcialmente distintas. Si el término celeste que se usa en el Uruguayo se utiliza para identificar lo que los rusos denominan (голубой), y los griegos (γαλάζιο), el volumen ocupado por azul en el espacio de color deberá ser menor para los uruguayos que para españoles y mejicanos. Por otra parte, es posible que la relativa menor relevancia de blanco para los mejicanos se refleje en las dimensiones de la porción del espacio de color correspondiente a los colores denominados con este término. Por ejemplo, sus dimensiones podrían ser menores para el mejicano.
3. Si celeste es un término utilizado para denominar una categoría básica derivada resultante de experimentar simultáneamente azul y blanco, los celestes del Uruguayo deberían ser un subconjunto de los azules del Castellano y el Mejicano (para los hablantes de estas dos versiones serían “azules claros”).
4. Si la categoría identificada mediante el término celeste en el Uruguayo fuese similar a la correspondiente a los azules claros en otros idiomas, debería ubicarse en un área cromática situada entre las correspondientes a verde y azul. .

Capítulo 4.

Estudio 2: Identificación de equivalencias entre términos de color y extensión de categorías

La confección de listas elicítadas ha servido para identificar los TCBs que denominan las CCBs de las tres versiones del Español estudiadas. Sin embargo, no permite saber si estas son semejantes a las encontradas por Lillo *et al.* (2007) para el Castellano. Tal información sólo puede obtenerse mediante un cuasi-experimento de denominación de colores que permita segmentar el espacio de color en porciones relacionadas con los términos identificados como básicos aplicando listas elicítadas.

En la investigación de Lillo y colaboradores se realizaron dos experimentos de denominación de estímulos en los que se utilizó el conjunto de 1795 estímulos incluidos en una versión del atlas SSI (1996). En el primero (op. cit. Experimento 3) los participantes pudieron utilizar cualquier denominación monolexémica. En el segundo (op.cit. Experimento 4) debieron utilizar sólo una de los 11 TCBs previamente identificados (op.cit. Experimento 1). El último de los experimentos (op.cit. Experimento 5) utilizó una pared de grandes dimensiones adecuadamente iluminada para presentar simultáneamente todas las fichas de otra versión del NCS (SSI, 1997), de forma que los participantes señalaron el estímulo que mejor representaba cada TCB. Como veremos, la secuencia de experimentos realizados por Lillo *et al.*, sin duda permitió efectuar una delimitación muy precisa de las CCBs del Castellano, pero resulta poco adecuada para nuestros actuales intereses.

En los experimentos de Lillo y colaboradores participaron pocos sujetos ($n = 8$) debido al tiempo requerido para que cada participante realizase uno de los experimentos de *naming*. Su larga duración hizo necesario efectuar descansos frecuentes dentro de una misma sesión experimental. Sin duda, la ventaja de que se denominasen todos los estímulos incluidos en un atlas es que permitió efectuar un *mapping* exhaustivo del espacio de color. Gracias a ello se hicieron evidentes las grandes diferencias existentes en el tamaño ocupado por las distintas CCBs en el espacio de color: algunas, como las de rojo, blanco o amarillo, sólo ocupaban porciones reducidas. Otras, como las de azul, verde o gris, abarcaban grandes extensiones. Por otra parte, la desventaja de utilizar una

muestra estimular tan amplia es que obliga a trabajar con pocos (¡y esforzados!) participantes y, por tanto, hace imposible realizar algunas comparaciones (p.ej. entre hombres y mujeres).

Para poder efectuar delimitaciones (“*mappings*”) más rápidas de la porción del espacio de color correspondiente a una categoría, las investigaciones relacionadas con la “World Color Survey” han utilizado un conjunto de 330 estímulos (véase figura 2.1 en el apartado 2.4.1 del capítulo 2 de esta tesis). Tal conjunto incluye una muestra selectiva del espacio de color formada por estímulos que están en su superficie exterior (máximos niveles de croma para cada combinación de claridad y tono) y una muestra de 10 estímulos acromáticos. Trabajar con pocos estímulos (330) tiene la ventaja de que hace fácil presentarlos simultáneamente y, por tanto, permite realizar las tareas de forma fácil y rápida. Sin embargo, la selección estimular efectuada por la World Color Survey produce una sobrerrepresentación de las categorías que: (1) ocupan extensiones grandes del espacio de color (p.ej. verde) y/o (2) se ubican en las proximidades de su superficie exterior (p.ej. rojo).

Como se indicó en la introducción general a la parte empírica, algunas investigaciones de nuestro equipo se han centrado en el estudio del uso de los TCBs en personas con alteraciones en la percepción del color. Concretamente, en personas mayores (Lillo *et al.*, 2012) y daltónicos dicrómatas (Lillo *et al.*, 2014; Moreira *et al.*, 2014). En estos trabajos se evitó utilizar la muestra estimular de la Word Color Survey debido a su carencia de estímulos con niveles cromáticos medio-bajos que son, precisamente, los más difíciles de denominar para las personas que nos interesaban. En su lugar, se partió de los resultados de Lillo *et al.* (2007) para crear una muestra de sólo 102 estímulos, tal muestra fue más equilibrada respecto al número de los relacionados con cada categoría. Concretamente, la muestra incluyó: mejores ejemplares de categorías, estímulos en la frontera entre dos categorías, estímulos a mitad de camino entre un mejor ejemplar y una frontera. Tales fronteras, es importante indicarlo, se obtuvieron a partir de los datos obtenidos en una muestra de 8 castellano-parlantes sin alteraciones en la percepción del color y, por tanto, no tienen por qué ser iguales a las correspondientes a otras versiones del Español.

La estimulación utilizada en esta investigación se generó utilizando monitores en vez de, como en nuestras investigaciones anteriores, superficies reales adecuadamente

iluminadas. La principal ventaja de este cambio es que permitió un diseño más flexible de las condiciones experimentales. En base a ello el doble cuasi-experimento que se describirá a continuación utilizó un procedimiento que aúna: (1) la sistematicidad en la variación estimular precisa para localizar fronteras entre categorías (lo que le asemeja a Lillo *et al.*, 2007; experimentos 3 y 4) y (2) la relativa rapidez en la realización de las tareas (lo que le asemeja a las investigaciones de la World Color Survey; p.ej. Kay *et al.*, 2009 y a las previamente realizadas por nuestro equipo); (3) un nivel de representatividad similar para todas las categorías, lo que le asemeja a las últimas investigaciones de nuestro equipo (Lillo *et al.*, 2012 y 2014).

La figura 4.1 muestra una de las 34 transiciones utilizadas en nuestra investigación. En cada extremo aparece un buen ejemplar de una de las categorías identificadas en Lillo *et al.* (2007) para el Castellano, o de la categoría identificada mediante el término celeste en el Uruguayo. Se habla de “transiciones” para indicar que la estimulación cambia progresivamente desde la estimulación de la izquierda a la de la derecha.



Figura 4.1. Una de las 34 transiciones presentadas. En la tarea de denominación de extremos se debía usar una sola palabra para denominar el color de cada extremo. En la tarea de delimitación de fronteras se debía situar el rectángulo blanco para que su estimulación central correspondiese a la frontera entre las dos categorías de los extremos.

Cada transición sirvió para realizar dos tareas: una de “denominación de extremos” y otra de “delimitación de fronteras”. La primera requirió denominar el color presente en cada extremo utilizando una sola palabra (p.ej. verde para el de la izquierda, gris para el de la derecha). Tales denominaciones monolexémicas sirvieron para: (1)

confirmar el carácter básico de los TCBs identificados en el primer experimento de esta tesis (capítulo 3): un TCBs debía producir denominaciones consistentes entre los hablantes de una versión del castellano. (2) Establecer equivalencias entre BCTs: Dos TCBs distintos (p.ej. marrón y café) utilizados en versiones distintas del Español corresponderían a una misma CCB si se utilizaban para denominar el mismo conjunto de estímulos.

Entre los extremos de cada transición (véase figura 4.1) aparece un rectángulo blanco con un hueco en medio. En la tarea de delimitación de fronteras, la posición del rectángulo debía ajustarse para que su estimulación interior correspondiese a la frontera entre las dos categorías situadas en los extremos. Utilizando el ejemplo de la figura 4.1 lo que debería verse en el interior del rectángulo sería un estímulo entre verde y gris, con el mismo grado de pertenencia a ambas categorías. Los resultados proporcionados por la tarea de delimitación de fronteras sirvieron para: (1) determinar con rapidez y precisión las extensiones de las categorías en cada versión del español (2) efectuar comparaciones entre tales categorías.

El punto de partida para seleccionar los estímulos incluidos en las transiciones fueron las estimulaciones identificadas como mejores ejemplares de los 11 TCBs del Castellano (Lillo *et al.*, 2007; exp.5; tabla 4). Teóricamente lo ideal hubiese sido utilizar en los extremos los mismos estímulos que se describen en la tabla de la fuente citada. Sin embargo: (1) debido a las limitaciones en el rango de colores reproducible mediante monitores convencionales (véase figura 4.2, triángulo de colores posibles), algunos de los colores descritos en la tabla citada no se podían implementar en los monitores utilizados. Además (2) algunas transiciones entre colores similares a estos producían la aparición de una tercera categoría en la transición. Consiguientemente, los estímulos utilizados se obtuvieron: (1) determinando cuales eran los viables más próximos a los descritos en la tabla 4 de Lillo *et al.* (2007), (2) realizando un estudio piloto para determinar la posible aparición de terceras categorías y, en su caso, modificando uno de los colores (esencialmente, variando su nivel de claridad y cromatismo). El celeste utilizado en las transiciones relacionadas con esta categoría se seleccionaron tras un estudio piloto realizado en la universidad de Montevideo.

4.1. Método

4.1.1. Participantes

En el estudio participaron 90 estudiantes universitarios hispano-hablantes no bilingües pertenecientes a las Universidades Complutense de Madrid (30, 15 hombres y 15 mujeres), Universidad de Guadalajara (30, 15 mujeres y 15 hombres) y de la República en Montevideo (30, 15 hombres y 15 mujeres). No hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) en el rango de edades (global, de 18 a 29 años) entre las tres versiones del castellano (castellanos de 18 a 29; mejicanos de 18 a 25; uruguayos de 18 a 26 años) ni, dentro de estas, en función del sexo. Se utilizó el test de Ishihara para comprobar que ningún participante tuvo alteraciones en la percepción del color.

4.1.2. Materiales y estímulos

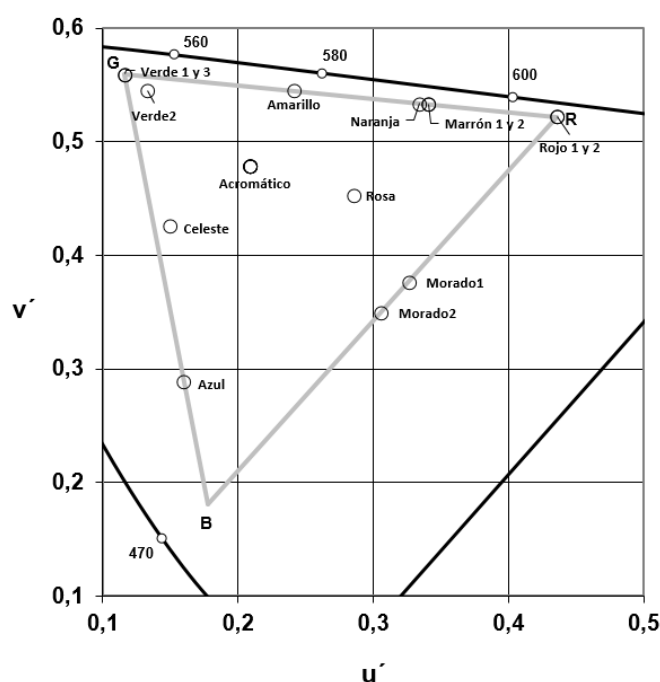


Figura 4.2. Coordenadas colorimétricas en el diagrama CIE $u'-v'$ para los estímulos utilizados en las transiciones del cuasi-experimento 2. Los vértices del triángulo de colores posibles corresponden a los primarios utilizados (R, G, B). El punto acromático indica las coordenadas del estímulo blanco, el negro y los tres grises. Las denominaciones empleadas para los restantes puntos corresponden, excepto la de celeste, a las de los castellano-hablantes.

La figura 4.2 muestra un diagrama de cromaticidad CIE $u'-v'$ con un triángulo en su interior. Sus vértices indican que las coordenadas del monitor de referencia para sus tres primarios fueron: rojo, $u'=0,44$; $v'=0,52$; verde, $u'=0,12$; $v'=0,56$; azul = $u'=0,18$;

$v'=0,18$. Tales coordenadas, así como el valor gamma (2.38) se replicaron en los ordenadores utilizados en cada laboratorio (Madrid, Sony Trinitron Multiescan 17 SEII; México, DEL XP-2; Montevideo, Samsung, Sync-Master) seleccionando adecuadamente el monitor (para lograr primarios con el cromatismo deseado) y efectuando los correspondientes ajustes. Las mediciones precisas para la realización de los ajustes se realizaron, en Madrid y Guadalajara usando un luxocolorímetro Minolta CL 200, con el correspondiente accesorio para mediciones de pantalla. Tal aparato sirvió también para lograr un nivel de iluminancia próximo a los 5 luxes en la cabina experimental en la que se situaba el monitor. En Montevideo las mediciones fotométricas (iluminancia) y colorimétricas (coordenadas cromáticas) se midieron usando, respectivamente, un luxómetro TES 100 y un colorímetro Minolta CS 100. Los tres monitores utilizados fueron de 21 pulgadas, por lo que a una distancia de 50 cm proyectaron un ángulo visual de 40,81° (diagonal). La transición completa ocupó un tamaño de 22 x 8 cm en la pantalla y proyectó un ángulo visual de 23,75° x 9,09°. El estímulo delimitado por el rectángulo blanco ocupó un tamaño de 5 x 0,8 cm en la pantalla y proyectó un ángulo visual de 5,71 x 0,92 grados de ángulo visual.

Tabla 4.1. Estímulos utilizados en los extremos de las transiciones.

TCB	Ver.	Azul	Rojo	Am.	Neg.	Blan.	Gris	Nar.	Rosa	Mar.	Mor.
Ver.											
Azul	X										
Rojo											
Am.	X										
Neg.	X	X									
Blan	Ver2			X							
Gris	X	X			X	X					
Nar.			X	X							
Rosa			X			X	Gris2	X			
Mar.	X		Rojo2	X	X		X	X	Mar2		
Mor.		X	Rojo2		X		X		X	X	
Cel.	Ver3	X				X	Gris3				Mor2

La tabla 4.1 utiliza fondos oscuros para especificar las denominaciones de los extremos en las transiciones. Con la adición de celeste, los términos utilizados en la tabla corresponden a los básicos para los castellanoparlantes. Las “x” aparecen para

aquellas en las que se utilizaron los estímulos más próximos a los mejores ejemplares de una categoría. Las otras denominaciones corresponden a otros estímulos de la categoría indicada. Por ejemplo, las 5 equis que aparecen en la columna identificada como verde indican que en 5 transiciones (verde-azul, verde-amarillo, verde-negro, verde-gris y verde-marrón) el ejemplar de verde fue el coordinadas cromáticas más próximas a las del mejor ejemplar de verde en Lillo *et al.*, 2007. Por otra parte, la presencia de “Ver2” en la misma columna indica que en la transición verde-blanco se utilizó un estímulo verde distinto (uno mucho más claro).

Tabla 4.2. Descripción colorimétrica de los estímulos utilizados en los extremos de las transiciones.

TCB/estímulo	x	y	Y	L*	a*	b*	u'	v'
Verde 1	0,28	0,60	5,32	31,87	-45,26	32,67	0,12	0,56
Verde 2	0,29	0,53	52,30	86,53	-77,77	52,78	0,13	0,54
Verde 3	0,28	0,60	34,76	73,47	-84,60	61,06	0,12	0,56
Azul	0,17	0,14	5,83	33,34	17,58	-63,07	0,16	0,29
Rojo 1	0,63	0,33	15,58	52,47	71,27	58,13	0,44	0,52
Rojo 2	0,63	0,33	9,16	41,36	59,70	48,70	0,44	0,52
Amarillo	0,46	0,46	55,74	88,72	2,53	77,35	0,24	0,54
Negro	0,34	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,48
Blanco	0,34	0,34	75,75	100,00	0,00	0,00	0,21	0,48
Gris 1	0,34	0,34	6,35	34,78	0,00	0,00	0,21	0,48
Gris 2	0,34	0,34	14,69	51,14	0,00	0,00	0,21	0,48
Gris 3	0,34	0,34	32,20	71,22	0,00	0,00	0,21	0,48
Naranja	0,55	0,39	23,14	62,13	42,92	61,46	0,33	0,53
Rosa	0,40	0,28	33,49	72,37	49,69	-10,78	0,29	0,45
Marrón/café 1	0,56	0,39	2,55	21,48	21,96	28,70	0,34	0,53
Marrón/café 2	0,56	0,39	8,62	40,21	32,93	44,44	0,34	0,53
Morado/violeta 1	0,37	0,19	2,84	22,83	42,88	-23,43	0,33	0,38
Morado/violeta 2	0,33	0,17	11,58	46,03	69,57	-49,07	0,31	0,35
Celeste	0,22	0,28	28,89	68,13	-25,46	-34,61	0,15	0,43

La tabla 4.2 y la figura 4.2 complementan la información de la tabla 4.1. La tabla 4.2 presenta los valores correspondientes a los estímulos en los extremos de las transiciones en las variables colorimétricas más relevantes para nuestra investigación. La figura 4.2, ya utilizada para definir los primarios del monitor de referencia, muestra las posiciones cromáticas de los extremos de las transiciones. Puesto que los 5 estímulos

acromáticos utilizados (un blanco, un negro, tres grises) tuvieron las mismas coordenadas cromáticas ($u'=0.21$; $v'=0.48$), todos se representan mediante el punto “Acromático”.

Las 34 transiciones se confeccionaron utilizando la herramienta específica para tal finalidad incluida en las aplicaciones del entorno Microsoft. Se confeccionaron 10 secuencias de transiciones en órdenes aleatorios diferentes para evitar los efectos del error progresivo.

4.1.3. Procedimiento

Los participantes colaboraron voluntariamente en la investigación. Tras acudir al laboratorio correspondiente se les agradeció su disponibilidad, se registraron sus datos personales (nombre, edad, género) y se les indicó que iban a realizar un experimento sencillo relacionado con la visión de los colores. Tras ello se aplicó una versión breve del test de Ishihara (1996) para comprobar que carecían de alteraciones cromáticas de tipo daltónico (protán o deután). Se les dieron instrucciones específicas para cada tarea a realizar con cada transición. Se les dijo que lo primero que tenían que hacer era denominar cada color situado en un extremo usando una sola palabra (denominación monolexémica). A continuación se les mostró como utilizar el rectángulo de selección para que mostrase una estimulación fronteriza entre las dos categorías, A y B, correspondientes a los estímulos de los extremos. Se insistió en que lo que se buscaba eran los estímulos que tenían las mismas probabilidades de pertenecer a cualquiera de estas categorías (A o B) y que estos no eran, necesariamente, los que aparecían en los puntos medios de cada transición.

Como se esperaba que algunos participantes (españoles y mejicanos) tuviesen dificultades para realizar la segunda tarea cuasi-experimento usando la transición celeste-azul (para ellos, probablemente, ambos estímulos pertenecerían a la categoría azul) se instruyó al experimentador para que en tal situación dijera a los participantes que debían realizar la tarea en forma similar a cómo la hubiesen realizado con otras transiciones: cómo si los estímulos de los extremos perteneciesen a categorías distintas.

4.2. Resultados

4.2.1. Resultados en la tarea de denominación de extremos

Tabla 4.3. Porcentajes de denominaciones para los estímulos de los extremos. En la columna “TCB/estímulo” los pares de filas consecutivas marrón/café, violeta/morado y celeste/ azul corresponden, respectivamente, a los mismos estímulos. Se presentan en gris los porcentajes del 100%. Se utilizan letras para indicar este hecho y especificar la versión en la que se utiliza un término: (a) Castellano y Uruguayo, (b) Mejicano, (c) Castellano y Mejicano, (d) Uruguayo, (e) Uruguayo. La identificación (f) corresponde a las denominaciones “azul” para el estímulo que los uruguayos denominaron celeste.

TCB/estímulo	Castellano %			Mejicano %			Uruguayo %		
	M.	H.	M+H	M.	H.	M+H	M.	H.	M+H
Verde (1+2+3)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Azul	100	100	100	100	100	100	98,67	98,67	99,56
Rojo (1+2)	98,33	98,33	98,33	100	100	100	98,33	98,33	98,33
- Rojo1	96,67	100	98,33	100	100	100	100	100	100
- Rojo2	100	96,67	100	100	100	100	96,67	96,67	96,67
Amarillo	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Negro	88	98,67	93,33	93,33	100	96,67	96	100	98
Blanco	100	100	100	100	100	100	100	98,67	99,33
Gris (1+2+3)	99,17	100	99,58	100	100	100	99,17	96,67	97,92
- Gris1	100	100	100	100	100	100	98,89	97,78	98,33
- Gris2	93,33	100	96,67	100	100	100	100	93,33	96,67
- Gris3	100	100	100	100	100	100	100	93,33	96,67
Naranja	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Rosa	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Marrón (1+2)a	94,17	95,83	95	13,33	6,67	10	95	96,67	95,83
- Marrón1	99,05	99,05	99,05	13,33	6,67	10	97,14	99,05	98,10
- Marrón2	60	73,33	66,67	13,33	6,67	10	80	80	80
Café (1+2)b	0	0	0	86,67	93,33	90	0	0	0
- Café 1	0	0	0	86,67	93,33	90	0	0	0
- Café 2	0	0	0	86,67	93,33	90	0	0	0
Morado (1+2)c	71,43	79,05	75,24	60	66,67	63,33	10,48	12,38	11,43
- Morado1	88	98,67	93,33	72	80	76	14,67	14,67	14,67
- Morado2	60	60	60	60	66,67	63,33	0	13,33	6,67
Violeta (1+2)d	20,95	14,29	17,62	20	26,67	23,33	78,10	76,19	77,14
- Violeta1	20	13,33	16,67	100	100	100	78,89	80	79,44
- Violeta2	26,67	20	23,33	20	26,67	23,33	73,33	53,33	63,33
Celeste e	2,67	9,33	6	0	0	0	85,33	90,67	88
Azul f	97,33	88	92,67	100	100	100	9,33	5,33	7,33

En la tabla 4.3 la primera columna incluye todos los términos presentes en la tabla 4.2. Se han agrupado los datos para los estímulos asociados a un mismo término cuando estos produjeron una consistencia del 100%. Por ejemplo, puesto que los tres verdes produjeron la denominación “verde”, en todas sus presentaciones, para los dos

sexos (mujeres y hombres) y en las tres versiones del Español (Castellano, Mejicano, Uruguayo), la misma entrada, rotulada “verde (1+2+3)” informa de este resultado. Puesto que la concordancia perfecta en las denominaciones (100% de respuestas con un mismo TCB) fue el resultado más frecuente, aparece en gris en la tabla 4.3, para facilitar centrar la atención en las ocasiones en las que no fue así. Estas son también fáciles de localizar en la figura 4.3.

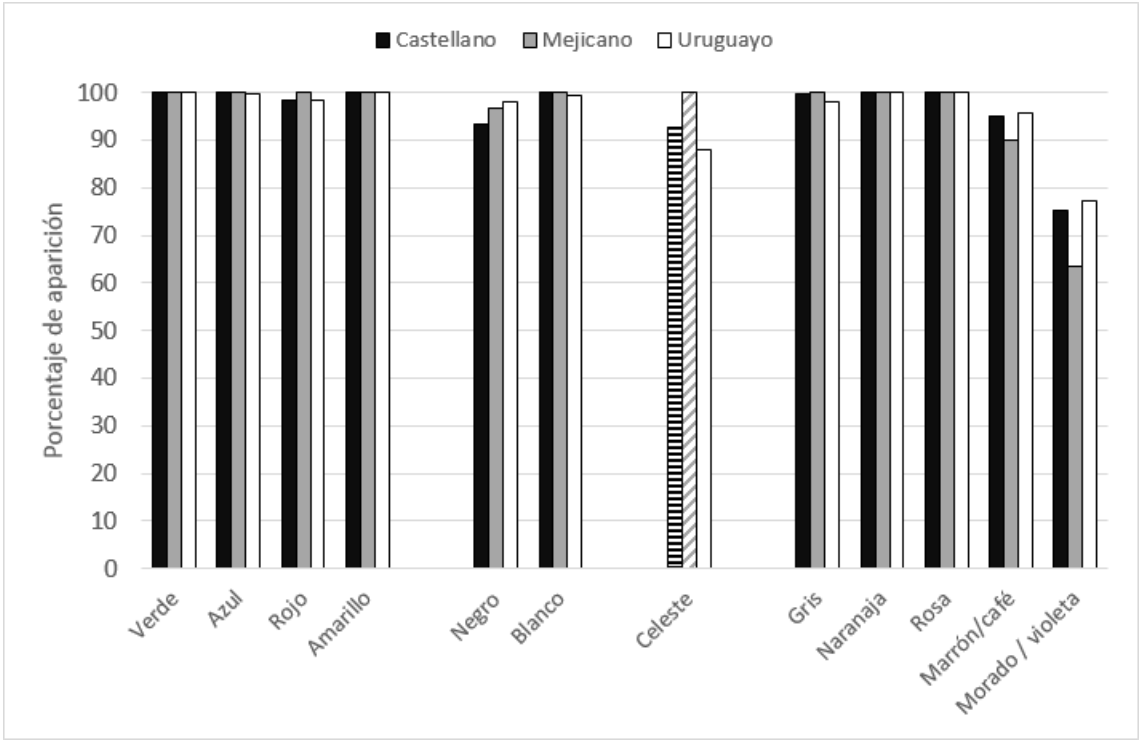


Figura 4.3. Porcentaje de denominaciones de los colores en los extremos. Pares de términos asociados: par 1; Marrón para el Castellano y el Uruguayo; café para el Mejicano. Par 2, Morado para el Castellano y el Mejicano; violeta para el Uruguayo. Celeste solo fue básico para el Uruguayo, el estímulo denominado celeste por el Uruguayo fue denominado azul en el Castellano y el Uruguayo. Se utilizan franjas para indicar que ante el estímulo denominado celeste por los uruguayos la respuesta azul fue predominante en españoles y mejicanos.

La tabla 4.3 y la figura 4.3 presentan los tantos por ciento medios correspondientes a cada TCB/estímulo para mujeres (M), hombres (H) o ambos sexos (M+H) en cada versión del Español (Castellano, Mejicano o Uruguayo). Tales tantos por ciento se obtuvieron a partir de las correspondientes frecuencias (ver tabla 4.4.), que fueron las que se utilizaron en las comparaciones estadísticas. Siempre que fue posible, siempre que existieron diferencias para un BCT/estímulo entre los grupos de datos comparados, se utilizó la prueba de ji cuadrado para determinar si: (1) tales diferencias

fueron significativas ($p < 0.05$) entre las tres versiones y, de ser así, entre cada par de ellas por separado, para el total de participantes (M+H) y para cada sexo (M o H) por separado. (2) También se comparó la frecuencia de uso de un BCT/estímulo entre hombres y mujeres para cada versión del Español.

Tabla 4.4. Número de transiciones en los que apareció cada categoría. Frecuencias máximas teóricas de denominación en Mujeres (M), Hombres (H) y todos (M+H), en cada versión del Español (Castellano, Mejicano y Uruguayo), o el conjunto “Total” de hispanohablantes.

TCB/estímulo	Nº de ajustes por categoría	En cada versión		Total	
		M o H	M + H	M o H	M + H
Verde	7	105	210	315	630
Verde 1	5	75	150	225	450
Verde 2	1	15	30	15	30
Verde 3	1	15	30	15	30
Azul	5	75	150	225	450
Rojo	4	60	120	180	360
Rojo 1	2	30	60	90	180
Rojo 2	2	30	60	90	180
Amarillo	4	60	120	180	360
Negro	5	75	150	225	450
Blanco	5	75	150	225	450
Gris	8	120	240	360	720
Gris 1	6	90	180	270	540
Gris 2	1	15	30	15	30
Gris 3	1	15	30	15	30
Naranja	4	60	120	180	360
Rosa	6	90	180	270	540
Marrón/café	8	120	240	360	720
Marrón/café 1	7	105	210	315	630
Marrón/café 2	1	15	30	15	30
Morado/violeta	7	105	210	315	630
Morado/violeta 1	6	90	180	270	540
Morado/violeta 2	1	15	30	15	30
Celeste	5	75	150	225	450

La tabla 4.5 muestra que sólo para tres TCB/estímulo existieron diferencias significativas en la frecuencia de denominación (véanse tablas 4.3 y 4.4) de hombres y

mujeres. Estas se concretaron en dos categorías (negro y morado/violeta), y sólo aparecieron para el total de hablantes y la muestra mejicana.

Tabla 4.5. Diferencias significativas de las comparaciones entre Mujeres y Hombres en general (“Total”) y en cada versión del Español, en particular (Castellano, Mejicano, Uruguayo) respecto a las frecuencias de denominaciones de los extremos. La primera cifra indica el valor de χ^2 , la segunda el de la probabilidad (p); * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$.

TCB	H vs M Total	H vs M Castellano	H vs M Mejicano	H vs M Uruguayo
Negro	15,39; 0,004**	---	5,17; 0,029*#	---
Morado/Violeta	17,67; 0,024*	---	15,37; 0,002**	---
Morado/violeta 1	21,98; 0,005*	---	13,17; 0,004**	---

Corrección de la prueba exacta de Fisher

Las tablas 4.6, 4.7 y 4.8 muestran las diferencias significativas para la frecuencia de denominación (véanse tablas 4.3 y 4.4) entre pares de versiones del Español cuando: (1) se consideró la población total (tabla 4.6), (2) sólo la femenina (tabla 4.7), o (3) sólo la masculina (tabla 4.8). La única diferencia entre las tres tablas se relaciona con el estímulo negro, que no produjo diferencias en la muestra masculina. Salvo en lo relacionado con este hecho, nuestros comentarios serán comunes a las tres tablas.

Tabla 4.6. Diferencias significativas de las comparaciones entre versiones del Español (Castellano, Mejicano, Uruguayo) respecto a las frecuencias de denominaciones de los extremos. La primera cifra indica el valor de χ^2 , la segunda el de la probabilidad (p); * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$.

TCB/estímulo	Global	Castellano Mejicano	Castellano Uruguayo	Méjico Uruguay
Negro	27,18; 0,001**	15,09; 0,005**		8,02; 0,018*
Marrón/café	635,12; 0,000**	393,14; 0,000**		393,07; 0,000**
Marrón/café1	549,08; 0,000**	343,70; 0,000**		343,77; 0,000**
Marrón/café2	86,60; 0,000**	49,57; 0,000**		49,33; 0,000**
Morado/violeta	259,56; 0,000**	23,02; 0,000**	193,78; 0,000**	153,83; 0,000**
Morado/violeta1	247,21; 0,000**	28,11; 0,000**	176,76; 0,000**	137,52; 0,000**
Morado/violeta2	33,44; 0,000**		20,67; 0,000**	26,08; 0,000**
Celeste	359,53; 0,000**	11,42; 0,000**	219,30; 0,000**	259,01; 0,000**

Tabla 4.7. Diferencias significativas de las comparaciones entre versiones del Español (Castellano, Mejicano, Uruguayo) respecto a las frecuencias de denominaciones de los extremos. Solo población femenina. La primera cifra indica el valor de χ^2 , la segunda el de la probabilidad (p); * = p<0.05; ** = p <0.01.

TCB/estímulo	Global	Castellano Mejicano	Castellano Uruguayo	Méjico Uruguay
Negro	25,26; 0,001**	14,12; 0,007**		8,03; 0,018*
Marrón/café	303,68; 0,000**	183,94; 0,000**		183,88; 0,000**
Marrón/café1	262,04; 0,000**	160,64; 0,000**		160,76; 0,000**
Marrón/café2	42,3 ; 0,000**	23,46; 0,000**		23,14; 0,000**
Morado/violeta	130,25; 0,000**	16,85; 0,005**	89,20; 0,000**	80,75; 0,000**
Morado/violeta1	122,52; 0,000**	19,20; 0,002**	79,51; 0,000**	69,55; 0,000**
Morado/violeta2	19,62; 0,011**		13,47; 0,003**	15,77; 0,003**
Celeste	186,33; 0,000**		124,39; 0,000**	116,69; 0,000**

Tabla 4.8. Diferencias significativas de las comparaciones entre versiones del Español (Castellano, Mejicano, Uruguayo) respecto a las frecuencias de denominaciones de los extremos. Sólo población masculina. La primera cifra indica el valor de χ^2 , la segunda el de la probabilidad (p); * = p<0.05; ** = p <0.01.

TCB/estímulo	Global	Castellano Mejicano	Castellano Uruguayo	Méjico Uruguay
Marrón/café	332,71; 0,000**	210,08; 0,000**		210,07; 0,000**
Marrón/café1	262,04; 0,000**	183,77; 0,000**		183,77; 0,000**
Marrón/café2	45,25; 0,000**	26,33; 0,000**		26,31; 0,000**
Morado/violeta	147,82; 0,000**	19,04; 0,002**	106,52; 0,000**	83,19; 0,000**
Morado/violeta1	135,28; 0,000**	15,46; 0,009**	100,55; 0,000**	70,82; 0,000**
Morado/violeta2	15,94; 0,04*		7,87; 0,049*	12,67; 0,013*
Celeste	176,55; 0,000**	9,57; 0,000**	104,73; 0,000**	134,81; 0,000**

Sólo aparecieron diferencias significativas para 8 de los 19 TCB/estímulos especificados en la tabla 4.4 o, si se prefiere, en cuatro categorías básicas (negro, marrón/café, morado/violeta, celeste). En términos más concretos, en el caso de negro lo que sucedió fue que, para la población total (tabla 4.6) y para la femenina (tabla 4.7) aunque esta denominación fue utilizada por encima del 93% en las tres versiones del Español, lo fue algo más en el Uruguayo (98%, significativamente mayor que en Castellano) y menos en el Castellano (93.33%, significativamente menor que en Mejicano).

En el caso de los restantes TCB/estímulos, las diferencias significativas en las frecuencias de denominación fueron mucho más grandes que las encontradas para el

término negro. En el caso de la categoría marrón/café lo que sucedió (véase tabla 4.3) es que los mismos estímulos que produjeron predominantemente (igual o sobre el 60%) la denominación de marrón en españoles y uruguayos, fueron denominados predominantemente café por los mejicanos (igual o sobre el 86,67%) quienes, por otra parte, algunas veces (el 10% para ambos estímulos) utilizaron marrón. El término café, por otra parte, nunca fue empleado por españoles o uruguayos. En el caso de la categoría morado/violeta sucedió que los estímulos que produjeron predominantemente (igual o sobre el 60%) la denominación morado en españoles y mejicanos, fueron denominados predominantemente violeta (igual o sobre el 63,33%) por los uruguayos. Muy importante, en todas las versiones del Español se utilizaron las dos denominaciones de la categoría morado/violeta, aunque cual de las dos predominase cambió con la versión.

Las dos últimas filas de la tabla 4.3 se refieren al estímulo denominado consistentemente (88%) celeste por los uruguayos y azul (por encima del 92%) por españoles y mejicanos. Aunque este estímulo fue también denominado azul en algunas ocasiones por los uruguayos (7,33%) y celeste por los españoles (6%), nunca fue denominado celeste por los mejicanos. La tabla 4.9 especifica todas las denominaciones utilizadas para este estímulo en las tres versiones del Español.

Tabla 4.9. Terminos y denominaciones para el estímulo celeste de los Uruguayos

Denominaciones para Celeste		Mujer	Hombre
Castellano	Azul	73	66
	Celeste	2	7
Mejicano	Azul	75	75
	Turquesa	0	2
Uruguayo	Azul	155	145
	Celeste	66	75
	Turquesa	4	5

4.2.2. Tarea de identificación de fronteras

Se utilizaron 5 variables colorimétricas (L^* , u' , v' , a^* , b^*) para especificar los ajustes efectuados y comparar datos. Las tres primeras (L^* , u' , v') fueron las mismas utilizadas en Lillo *et al.*, (2007). Las otras dos (a^* , b^*), combinadas con L^* , sirvieron

para concretar la magnitud y tipo de las diferencias entre estímulos (véase apartado 1.5.3).

Se realizaron 170 pruebas de Kolgomorov-Smirnoff (34 transiciones x 5 variables colorimétricas, L^* , u' , v' , a^* , b^*) para determinar si las distribuciones de tales variables se ajustaban a la normalidad en cada transición. Tal ajuste se dio en el 71.18% de los casos. Por ello se decidió usar pruebas paramétricas y no paramétricas para realizar análisis en paralelo.

Se realizaron 170 análisis de Varianza paramétricos bifactoriales (uno para cada combinación transición-variable colorimétrica) en los que se compararon los valores medios ajustados por mujeres y hombres. Para las comparaciones múltiples se realizó un ajuste de Bonferroni, que es uno de los más conservadores. El primer factor fue el sexo y tuvo dos niveles (mujer, hombre). El segundo fue la versión del Español y tuvo tres niveles (Castellano, Mejicano, Uruguayo).

La tabla 4.10 muestra las medias de las 170 diferencias existentes entre hombres y mujeres para las 34 fronteras y 5 variables colorimétricas ($34 \times 5 = 170$). Los pocos fondos oscuros indican que casi ninguna de tales diferencias fue significativa. Las tablas 4.11 y 4.12 muestran las que así resultaron ($p < 0.05$) tras la aplicación de los correspondientes análisis paramétrico (tabla 4.11, diferencia de medias con ajuste de Bonferroni) o no paramétrico (tabla 4.12, aplicación de la U de Mann-Whitney). Como puede observarse, en el primer caso (tabla 4.11) sólo 18 diferencias fueron significativas: tres para el Castellano (las correspondientes a las variables L^* , v' y b^* en la frontera celeste-gris). Diez para el Mejicano (las correspondientes a u' y a^* en la frontera verde-gris, L^* , a^* y b^* en la morado-negro y las correspondientes a todas las variables, L^* , u' , v' , a^* y b^* , en la frontera celeste-morado). Cinco para el Uruguayo (las correspondientes a L^* en la frontera azul-negro y blanco-gris, a^* y b^* en la morado-marrón, y a^* en la marrón-gris. En forma similar, la aplicación de análisis no-paramétricos indicó sólo 18 diferencias significativas: una para el Castellano (L^* , a^* en la rojo-morado, a^* en la morado-negro), siete para el Mejicano (L^* y a^* en la rojo-morado; L^* , u' , v' en la celeste-morado) y siete para el Uruguayo (L^* , a^* y b^* para la rosa-morado; L^* y b^* para la marrón-negro y u' para la celeste-azul).

Tabla 4.10. Diferencias de medias entre Mujeres y Hombres para fronteras entre categorías.
 Los fondos grises indica que al menos uno de los tipos de análisis (paramétrico o no paramétrico, véanse tablas 4.11 y 4.12) encontró diferencias significativas.

Frontera	H vs M en Castellano					H vs M en Mejicano					H vs M en Uruguayo				
	ΔL^*	$\Delta u'$	$\Delta v'$	Δa^*	Δb^*	ΔL^*	$\Delta u'$	$\Delta v'$	Δa^*	Δb^*	ΔL^*	$\Delta u'$	$\Delta v'$	Δa^*	Δb^*
Ro-Na	0,48	0,01	0,00	1,61	0,14	0,02	0,00	0,00	0,04	0,00	0,73	0,00	0,00	1,89	0,76
Ro-Rs	0,66	0,01	0,00	0,85	2,71	0,45	0,00	0,00	0,59	1,39	0,24	0,00	0,00	0,24	0,73
Ro-Mo	1,56	0,00	0,00	1,55	2,90	1,23	0,01	0,01	1,15	5,14	1,22	0,01	0,01	1,12	4,78
Ro-Ma	0,86	0,00	0,00	1,53	0,84	1,53	0,01	0,00	2,57	1,44	1,67	0,01	0,00	3,05	1,62
V-Az	0,00	0,00	0,00	0,19	0,30	0,10	0,00	0,00	0,04	1,38	0,06	0,00	0,00	0,63	0,88
V-Am	1,50	0,00	0,00	0,64	1,15	2,84	0,00	0,00	1,33	2,19	0,69	0,00	0,00	0,09	0,51
V-Ma	0,33	0,01	0,00	2,16	0,10	0,29	0,01	0,00	2,62	0,04	0,48	0,01	0,00	3,40	0,14
V-B	1,82	0,01	0,01	9,20	5,29	0,56	0,00	0,00	3,01	1,87	0,12	0,00	0,00	1,02	0,75
V-Ne	0,25	0,00	0,00	0,44	0,18	1,76	0,00	0,00	2,85	2,13	1,37	0,00	0,00	1,58	1,41
V-G	0,00	0,00	0,00	0,26	0,25	0,23	,007*	0,01	3,2*	1,90	0,06	0,00	0,00	0,70	0,46
Az-Mo	0,37	0,00	0,00	0,79	1,16	0,07	0,00	0,00	0,06	0,11	0,30	0,00	0,00	0,72	1,07
C-B	0,46	0,00	0,00	0,35	0,56	1,87	0,00	0,00	1,25	2,13	0,66	0,00	0,00	1,29	2,76
Az-Ne	0,66	0,00	0,00	1,02	1,94	0,98	0,00	0,00	0,94	2,98	5,2*	0,00	0,00	2,15	6,80
Az-G	0,04	0,00	0,01	0,25	2,88	0,02	0,00	0,00	0,26	1,60	1,70	0,00	0,00	0,05	0,67
Am-Na	0,42	0,00	0,00	0,52	0,27	0,60	0,00	0,00	0,95	0,36	1,07	0,00	0,00	1,58	0,65
Am-Ma	4,01	0,00	0,00	0,74	2,89	2,44	0,00	0,00	0,67	1,74	5,24	0,00	0,00	1,15	3,76
Am-B	4,01	0,00	0,00	0,74	2,89	2,44	0,00	0,00	0,67	1,74	5,24	0,00	0,00	1,15	3,76
Na-Rs	4,01	0,00	0,00	0,74	2,89	2,44	0,00	0,00	0,67	1,74	5,24	0,00	0,00	1,15	3,76
Na-Ma	1,12	0,00	0,00	0,67	0,88	1,42	0,00	0,00	0,74	1,11	0,50	0,00	0,00	0,25	4,76
Rs-Mo	1,79	0,00	0,00	1,35	1,03	0,20	0,00	0,01	0,48	3,46	2,75	0,00	0,00	0,36	0,52
Rs-Ma	1,83	0,00	0,01	0,96	3,27	0,33	0,00	0,00	0,14	0,83	1,26	0,00	0,00	0,59	2,23
Rs-B	1,12	0,00	0,00	1,87	0,54	1,09	0,00	0,00	1,91	0,35	1,10	0,00	0,00	1,71	0,35
Rs-G	0,23	0,00	0,00	0,51	0,26	0,67	0,00	0,00	1,50	0,32	1,23	0,01	0,00	3,20	0,52
Mo-Ma	0,02	0,00	0,00	0,18	0,36	0,04	0,00	0,00	0,44	1,16	0,08	0,00	0,01	1,8*	9,3*
Mo-Ne	0,85	0,00	0,00	0,97	0,29	3,4*	0,00	0,00	7,1*	3,7*	1,24	0,01	0,01	2,49	1,38
Mo-G	0,05	0,00	0,00	0,09	0,24	0,16	0,00	0,00	0,02	0,14	0,07	0,00	0,00	0,25	0,14
Ma-Ne	0,83	0,00	0,00	1,06	1,15	0,16	0,01	0,00	0,10	0,24	2,53	0,00	0,00	1,84	3,44
Ma-G	0,45	0,00	0,00	0,74	0,60	0,40	0,00	0,00	0,62	0,58	0,69	0,01	0,00	2,1*	1,41
B-G	1,90	0,00	0,00	0,03	0,01	1,09	0,00	0,00	0,00	0,00	6,3*	0,00	0,00	0,00	0,00
Ne-G	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00
V-C	0,00	0,00	0,00	0,19	0,13	0,11	0,00	0,00	1,64	2,12	0,11	0,00	0,00	1,26	1,72
C-G	,99*	0,00	0,01*	0,53	3,5*	0,04	0,00	0,00	0,90	1,06	0,05	0,00	0,00	0,93	1,08
C-Mo	0,57	0,00	0,00	2,53	0,47	2,7*	,018*	,01*	11*	1,9*	1,19	0,01	0,00	5,22	0,82
C-Az	1,49	0,00	0,01	2,26	2,87	1,59	0,00	0,01	2,99	2,06	0,15	0,00	0,00	0,06	0,81

Tabla 4.11. Diferencias significativas entre mujeres y hombres para fronteras entre categorías: análisis paramétrico. El valor colorimétrico en posición superior corresponde a la media en las mujeres y el inferior a los hombres (Seguidas entre paréntesis las desviaciones típicas).

Frontera	L*	u'	v'	a*	b*
Castellano	70,31 (0,26)		0,46 (0,00)		-10,41 (2,55)
Celeste-Gris	69,32 (2,88)		0,46 (0,02)		-13,93 (8,14)
Mejicano		0,19 (0,01)		10,79 (3,33)	
Verde-Gris		0,18 (0,01)		13,98 (4,86)	
Mejicano	2,50 (5,23)			15,30 (9,11)	-8,68 (4,86)
Morado-Negro	6,82 (6,06)			22,32 (10,30)	-12,39 (5,42)
Mejicano	55,93 (2,00)	0,21 (0,01)	0,39 (0,01)	24,00 (8,72)	42,57 (1,46)
Celeste-Morado	58,59 (1,55)	0,20 (0,01)	0,40 (0,00)	12,68 (6,56)	40,72 (1,02)
Uruguayo	16,97 (6,59)				
Azul-Negro	11,78 (6,04)				
Uruguayo				28,83 (3,09)	4,55 (8,20)
Morado-Marrón				30,67 (3,32)	4,71 (13,64)
Uruguayo				9,90 (2,93)	
Marrón-Gris				7,78 (2,92)	
Uruguayo	82,79 (11,77)				
Blanco-Gris	89,06 (7,71)				

Tabla 4.12. Diferencias significativas entre mujeres y hombres para transiciones entre categorías: análisis no paramétrico (U de Mann Whitney). El valor colorimétrico en posición superior corresponde a la media en las mujeres y el inferior a los hombres (Seguidas entre paréntesis las desviaciones típicas).

Frontera	L*	u'	v'	a*	b*
Castellano				22,11 (2,67)	
Morado-Negro				23,08 (5,12)	
Mejicano	35,08 (1,81)			53,71 (1,69)	
Rojo-Morado	36,31 (1,33)			54,86 (1,25)	
Mejicano				15,30 (9,11)	-8,68 (4,86)
Morado-Negro				22,32 (10,30)	-12,39 (5,42)
Mejicano	55,93 (2,00)	0,21 (0,01)	0,39 (0,01)	24,00 (8,72)	42,57 (1,46)
Celeste-Morado	58,59 (1,55)	0,20 (0,01)	0,40 (0,00)	12,68 (6,56)	40,72 (1,02)
Uruguayo	16,97(6,59)			11,57 (3,18)	-41,85(9,49)
Azul-Negro	11,78(6,04)			9,42 (2,64)	-35,06 (8,14)
Uruguayo		0,29 (0,003)			
Rosa-Morado		0,29 (0,001)			
Uruguayo	13,12 (3,58)				18,56 (4,90)
Marrón-Negro	10,59 (3,68)				15,11 (5,09)
Uruguayo		0,16(,0003)			
Celeste-Azul		0,16(,0008)			

Para evaluar posibles diferencias en la variabilidad de los ajustes realizados por hombres y mujeres se utilizó nuevamente la U de MannWhitney, pero ahora para comparando los valores de las desviaciones típicas correspondientes a una frontera (p.ej. rojo-naranja) y variable (L^* , u' , v' , a^* , b^*). No se encontraron diferencias significativas ni cuando la comparación se efectuó en el total de hablantes (L^* : $U=4960$; $p=0,57$; u' : $U=4942$; $p=0,54$; v' : $U=4920$; $p=0,50$; a^* : $U=4781$; $p=0,32$; b^* : $U=4947$; $p=0,55$), ni cuando se hizo para cada versión del Español por separado (Castellano, (L^* : $U=524$; $p=0,508$, u' : $U=578$; $p=1,00$, v' : $U=535$; $p=0,598$, a^* : $U=517,5$; $p=0,458$, b^* : $U=545$; $p=0,686$), Mejicano (L^* : $U=551$; $p=0,740$, u' : $U=558$; $p=0,806$, v' : $U=565$; $p=0,873$, a^* : $U=551$; $p=0,740$, b^* : $U=563$; $p=0,854$) y Uruguayo (L^* : $U=576$; $p=0,980$, u' : $U=516$; $p=0,447$, v' : $U=532$; $p=0,572$, a^* : $U=537$; $p=0,615$, b^* : $U=544$; $p=0,677$)). En forma similar, tampoco aparecieron diferencias entre los valores de las desviaciones típicas en función del lenguaje(prueba de Kruscall Wallis), ni cuando la comparación se hizo con todos los participantes (L^* : $\chi^2=1,23$; $p=0,540$, u' : $\chi^2=1,41$; $p=0,495$, v' : $\chi^2=1,11$; $p=0,574$, a^* : $\chi^2=1,65$; $p=0,438$, b^* : $\chi^2=0,88$; $p=0,643$), ni cuando se hizo considerando a mujeres (L^* : $\chi^2=1,084$; $p=0,582$, u' : $\chi^2=0,122$; $p=0,941$, v' : $\chi^2=0,488$; $p=0,783$, a^* : $\chi^2=1,041$; $p=0,594$, b^* : $\chi^2=0,369$; $p=0,831$) y hombres (L^* : $\chi^2=0,349$; $p=0,840$, u' : $\chi^2=1,543$; $p=0,462$, v' : $\chi^2=0,525$; $p=0,769$, a^* : $\chi^2=0,678$; $p=0,712$, b^* : $\chi^2=0,470$; $p=0,791$) por separado.

El segundo factor incluido en los 170 análisis de varianza paramétricos realizados fue la versión del Español hablada (Castellano, Mejicano, Uruguayo). Para facilitar la comparación con los datos presentados en Lillo *et al.* (2007), la tabla 4.13 muestra los valores medios para u' y v' correspondientes a cada transición para, respectivamente, Castellano, Mejicano y Uruguayo (mujeres y hombres). También muestra los valores medios de la diferencias en cada variable ($\Delta u'$, $\Delta v'$) entre dos versiones del Español. Se indica, en su caso, la existencia de diferencias significativas ($p<0.05$) mediante asteriscos (*, análisis paramétrico) o almohadillas (#, análisis no paramétrico). En ambos casos el análisis se inició aplicando el correspondiente ANOVA (Kruskal-Wallis en el análisis no paramétrico) seguido, en su caso, de las correspondientes pruebas de contraste entre pares de versiones (U de Mann Whitney para el análisis no paramétrico). De las 68 diferencias analizadas para cada idioma (34 fronteras x 2 diferencias, $\Delta u'$, $\Delta v'$), los análisis paramétricos sólo encontraron diferencias significativas ($p<0.05$) en 17 fronteras para la comparación Castellano-

Mejicano, 10 para la Castellano-Uruguayo, y 12 para la Mejicano-Uruguayo. Por otra parte, los análisis no paramétricos sólo encontraron 21 diferencias significativas ($p < 0.05$) en fronteras para la comparación Castellano- Mejicano, 15 para la Castellano-Uruguayo, y 18 para la Mejicano-Uruguayo.

Complementando la información proporcionada en la tabla 4.13, las distintas partes de la figura 4.3 muestran la delimitación colorimétrica de las 12 CCBs del Español usando el diagrama de cromaticidad CIE u^*v^* . Tales categorías son sólo 11 para el Castellano y el Mejicano, ya que en estas versiones celeste no se usa consistentemente para denominar estímulos, al contrario de lo que sucede para el Uruguayo, donde uno de los utilizados en las extremos de las transiciones y, muy probablemente, los situados entre este y una frontera, son denominados celeste.

En la figura 4.3 aparecen dos tipos de datos. En primer lugar, tres líneas (roja para Castellano, azul para Mejicano y verde para Uruguayo) delimitadas por los puntos (no representados) que corresponden a las fronteras para la categoría representada en cada diagrama. Por ejemplo, en la figura 4.3.A corresponden a las fronteras V-Az (Verde-Azul), V-C (Verde-Celeste), V-Ne (Verde-Negro), V-G (Verde-Gris), V-Am (Verde-Amarillo), V-Ma (Verde-Marrón) y V-B (Verde-Blanco). En segundo lugar, se utilizan puntos de colores para indicar las posiciones de los mejores ejemplares de las categorías con las que la representada tiene fronteras. En la figura 4.3 se representan los mejores ejemplares correspondientes a Azul, Celeste, Negro, Gris, Amarillo, Marrón y Blanco (coordenadas en tabla 4.2). Disponer de esta información permite observar en la figura 4.3 A que la frontera V-G (Verde-Gris) está mucho más cerca del mejor ejemplar de verde que del de gris, algo muy distinto a lo que sucede respecto a la frontera V-Az que se encuentra aproximadamente a la misma distancia de los mejores representantes de ambas categorías.

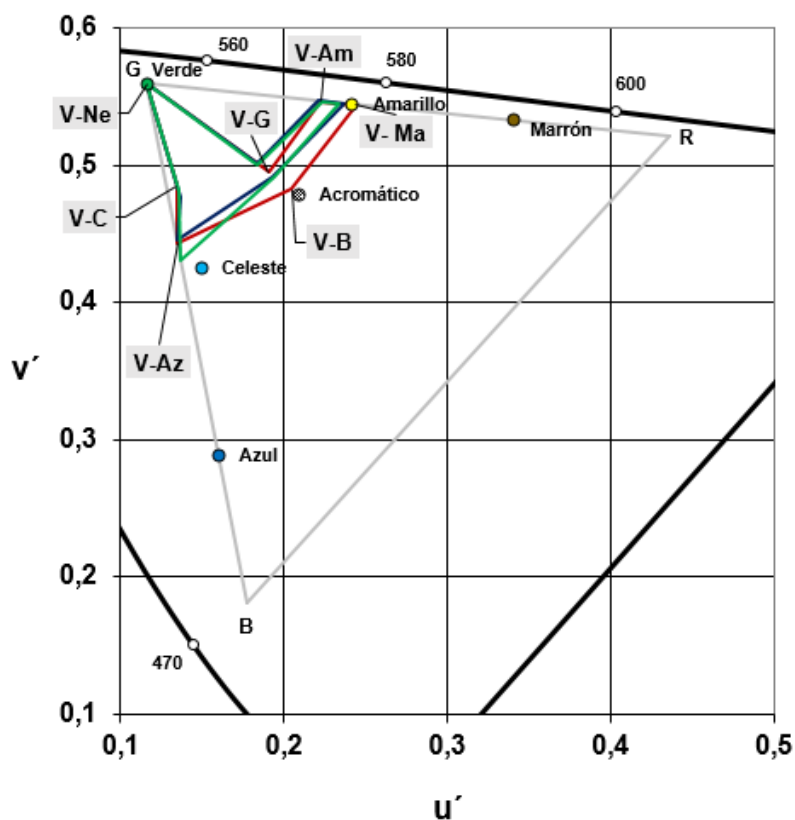
Tres son los hechos más relevantes mostrados por las distintas partes de la figura 4.3. Primero, el alto grado de superposición en la delimitación colorimétrica de las categorías. Esto es, incluso cuando fueron significativas las diferencias en las dos variables representadas (Δu^* , Δv^* ; véase tabla 4.13), la magnitud de tales diferencias fue muy reducida y produjo delimitaciones colorimétricas esencialmente idénticas para las tres versiones del Español. Segundo, la principal diferencia entre ellas se dio en relación con la categoría azul (figura 4.3. B): el estímulo denominado celeste por los

uruguayos al presentarse en un extremo de algunas transiciones, fue sólo un azul más para castellanos y mejicanohablantes. Por eso, las fronteras relacionadas con este estímulo ($u'=0.15$: $v'=0.43$), correspondieron a la categoría azul para el Castellano y el Mejicano pero, por el contrario, fueron las que delimitaron el área cromática de la categoría celeste en los Uruguayos. Tercero, y muy relacionado con lo anterior, cuando se pidió a Castellanos y Mejicanos que indicasen los límites relacionados con una hipotética categoría azul-celeste, sus ajustes fueron esencialmente los mismos que los de la categoría celeste en los uruguayos.

Tabla 4.13 Coordenadas cromáticas (u', v') para las tres versiones del Español y diferencias entre ellas ($\Delta u'$, $\Delta v'$) en cada frontera. La existencia de diferencias significativas se indica mediante asteriscos (*, análisis paramétrico) o almohadillas (#, análisis no paramétrico).

Transición	Castellano		Mejicano		Uruguayo		Castellano Mejicano		Castellano Uruguayo		Mejicano Uruguayo	
	u'	v'	u'	v'	u'	v'	$\Delta u'$	$\Delta v'$	$\Delta u'$	$\Delta v'$	$\Delta u'$	$\Delta v'$
Ro-Na	0,39	0,53	0,40	0,53	0,39	0,53	,012*#	,001#	0,00	0,00	,012*#	,001*#
Ro-Rs	0,38	0,50	0,37	0,49	0,36	0,49	0,00	0,00	,017*#	,01*#	,013*#	,006*#
Ro-Mo	0,41	0,48	0,41	0,49	0,40	0,48	,008*#	,010*#	0,00	0,00	,011*#	,014*#
Ro-Ma	0,41	0,52	0,41	0,52	0,41	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V-Az	0,13	0,44	0,13	0,45	0,14	0,43	0,00	0,00	0,00#	0,01#	0,00#	0,01#
V-Am	0,22	0,55	0,22	0,55	0,22	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V-Ma	0,24	0,54	0,24	0,55	0,23	0,55	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
V-B	0,20	0,48	0,19	0,49	0,19	0,49	,011*#	,010*#	,011*#	,009*	0,00	0,00
V-Ne	0,12	0,56	0,12	0,56	0,12	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V-G	0,19	0,49	0,18	0,50	0,18	0,50	,007*#	,006*#	,007*#	,01*#	0,00#	0,00
Az-Mo	0,21	0,31	0,21	0,31	0,22	0,32	0,00	0,00	0,01	,01*#	,012*	,008*#
C-B	0,20	0,47	0,20	0,47	0,20	0,47	,004*#	0,00#	0,00	0,00	0,00#	0,00
Az-Ne	0,16	0,29	0,16	0,29	0,16	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Az-G	0,19	0,42	0,19	0,41	0,19	0,41	,005*#	,017*#	,004*#	0,01	0,00#	0,00
Am-Na	0,27	0,54	0,28	0,54	0,27	0,54	,011*#	,001*#	0,00	0,00	,008*#	,001*#
Am-Ma	0,26	0,54	0,26	0,54	0,26	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Am-B	0,26	0,54	0,26	0,54	0,26	0,54	0,00#	0,00#	0,00#	0,00#	0,00	0,00
Na-Rs	0,26	0,54	0,26	0,54	0,26	0,54	0,00	0,00	0,00#	0,00#	0,00#	0,00#
Na-Ma	0,34	0,53	0,33	0,53	0,34	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rs-Mo	0,29	0,44	0,29	0,44	0,29	0,44	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Rs-Ma	0,31	0,49	0,31	0,49	0,31	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rs-B	0,22	0,48	0,22	0,47	0,22	0,47	,006*#	,002*#	0,00	0,00	0,00	0,00
Rs-G	0,24	0,47	0,24	0,47	0,24	0,47	0,01	0,00	,008*#	,01*#	0,00	0,00
Mo-Ma	0,34	0,47	0,34	0,49	0,34	0,47	0,00#	,016*#	0,00	0,00	,001*#	,019*#
Mo-Ne	0,33	0,38	0,33	0,38	0,32	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mo-G	0,24	0,45	0,24	0,45	0,25	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ma-Ne	0,34	0,53	0,34	0,53	0,34	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ma-G	0,24	0,49	0,24	0,49	0,25	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B-G	0,21	0,48	0,21	0,48	0,21	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ne-G	0,21	0,48	0,21	0,48	0,21	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V-C	0,13	0,49	0,14	0,48	0,14	0,48	,002*#	,009*	0,00	0,00	0,00	0,00
C-G	0,19	0,46	0,19	0,46	0,19	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C-Mo	0,21	0,39	0,20	0,39	0,20	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C-Az	0,16	0,39	0,16	0,40	0,16	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

a) Verde



b) Azul

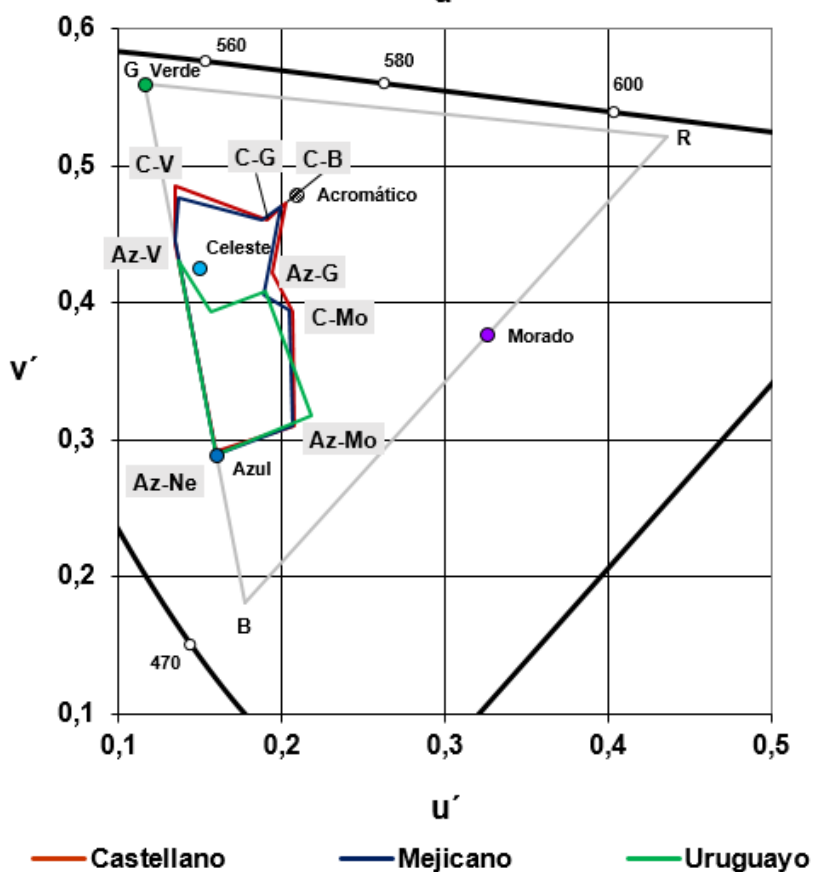
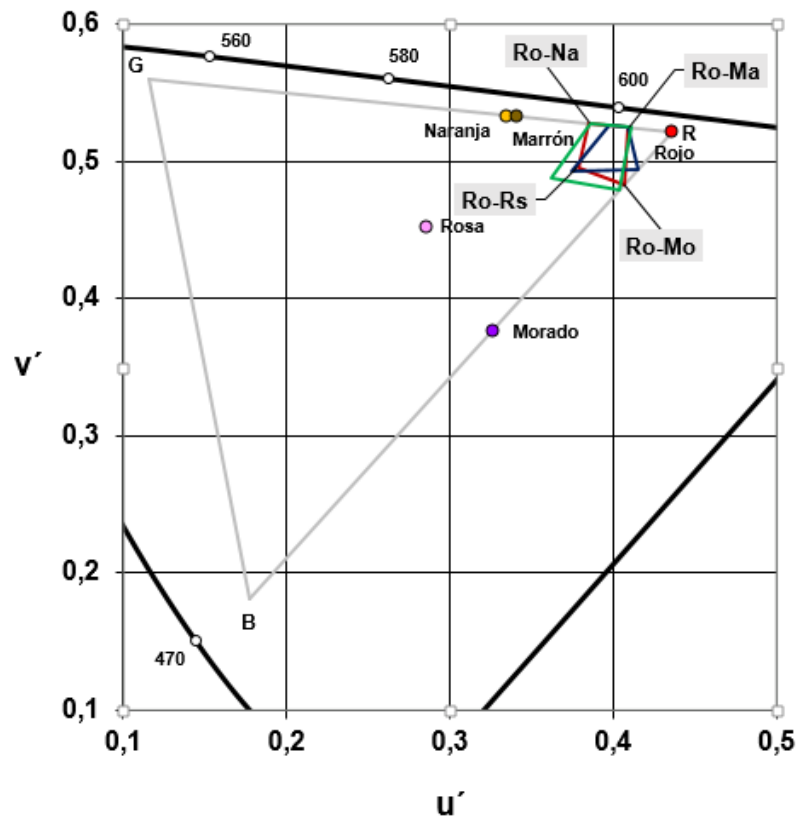


Figura 4.3. a) Verde, b) Azul. Fronteras de las categorías básicas ajustadas. Se presentan unidas por líneas las fronteras ajustadas para cada versión del Español (línea roja Castellano, azul Meicano y verde Uruguayo) y mediante círculos de color los extremos de los ajustes.

c) Rojo



d) Amarillo

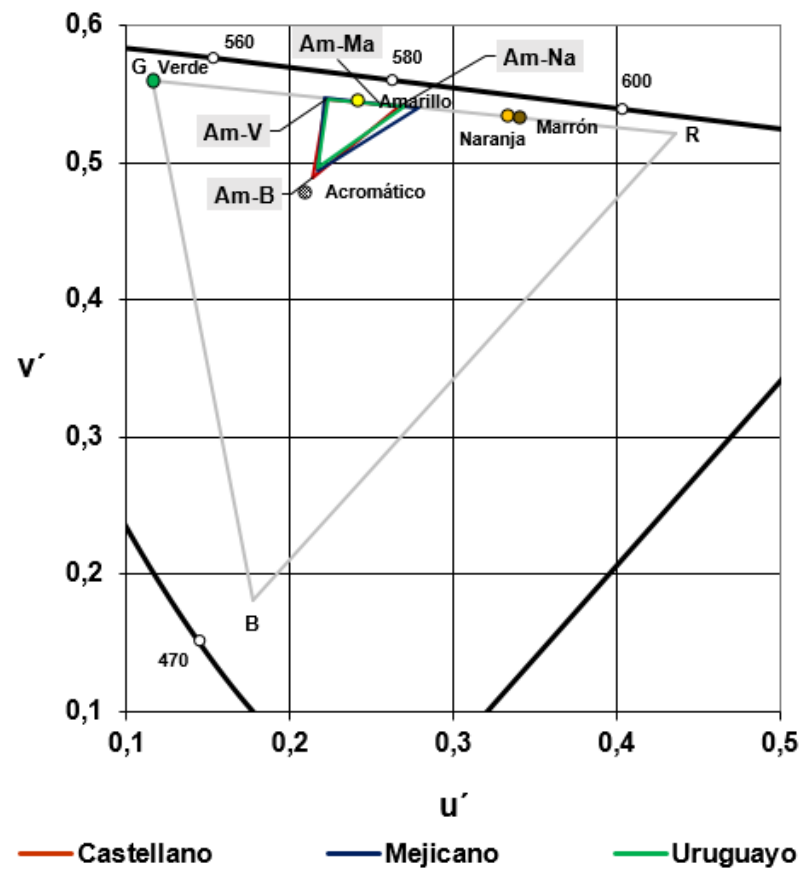
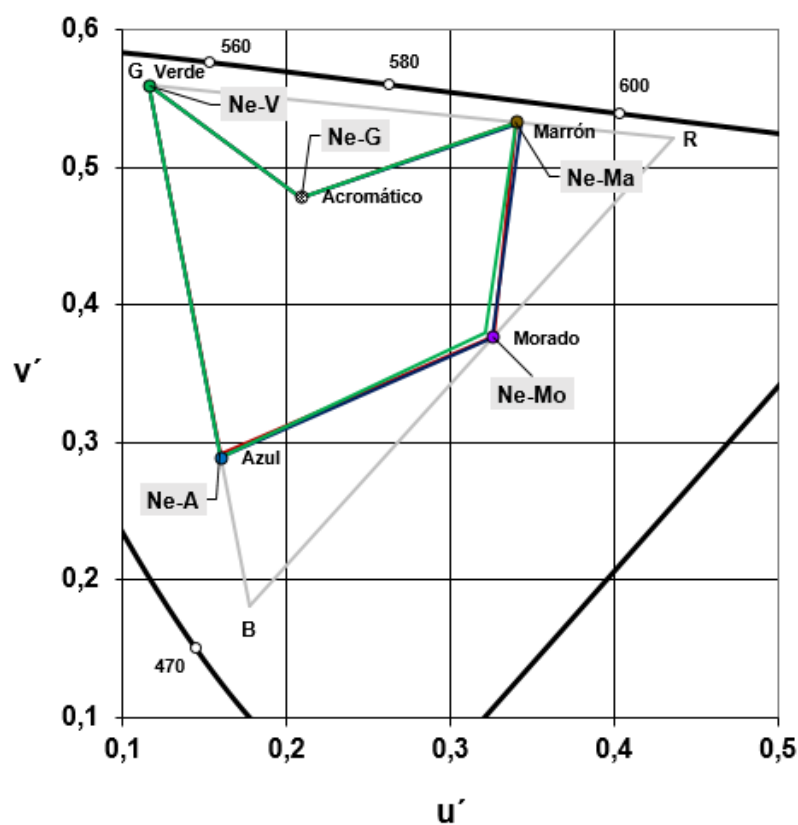


Figura 4.3. c) Rojo, b) Amarillo. Fronteras de las categorías básicas ajustadas. Se presentan unidas por líneas las fronteras ajustadas para cada versión del Español (línea roja Castellano, azul Mejicano y verde Uruguayo) y mediante círculos de color los extremos de los ajustes.

e) Negro



f) Blanco

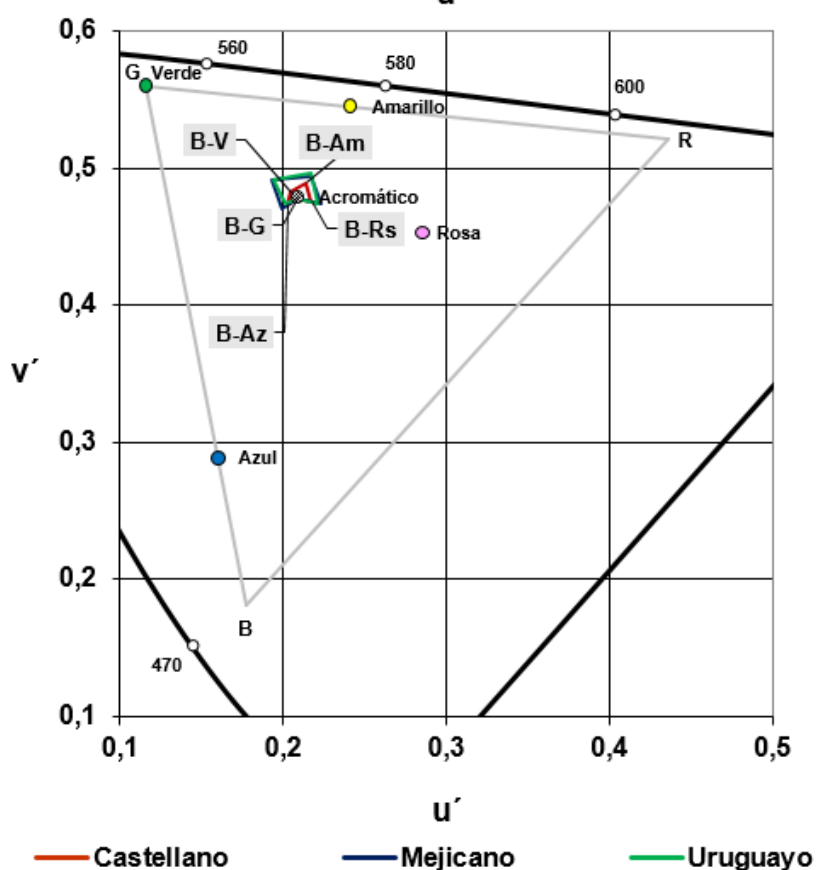
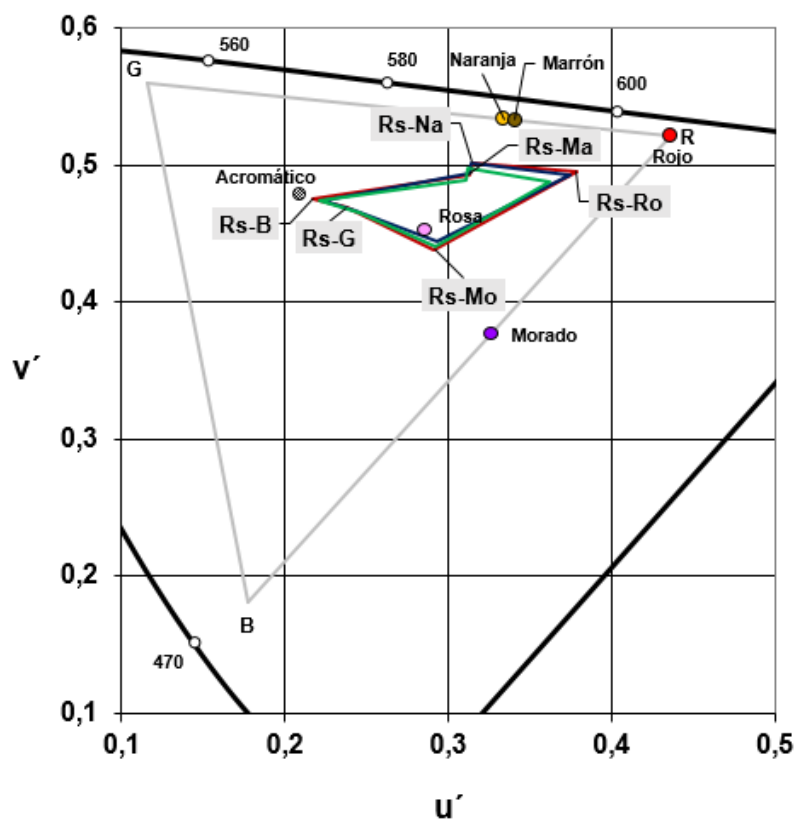


Figura 4.3. e) Negro, f) Blanco. Fronteras de las categorías básicas ajustadas. Se presentan unidas por líneas las fronteras ajustadas para cada versión del Español (línea roja Castellano, azul Mejicano y verde Uruguayo) y mediante círculos de color los extremos de los ajustes.

Diagrama de colorimétrico de espacio de color $u'v'$ que muestra la distribución de colores de la piel humana. El eje horizontal es u' (0,1 a 0,5) y el eje vertical es v' (0,1 a 0,6). Se muestran líneas de contorno de color (G-Verde, G-V, G-B, G-Ma, G-Rs, G-Mo, G-Az, G-C, Celeste, Azul) y líneas de contorno de luminosidad (B, 470, 560, 580, 600, Marrón, Rosa, Morado). Se indica la zona de "Acromático" y la línea "R".

145

i) Rosa



j) Marrón

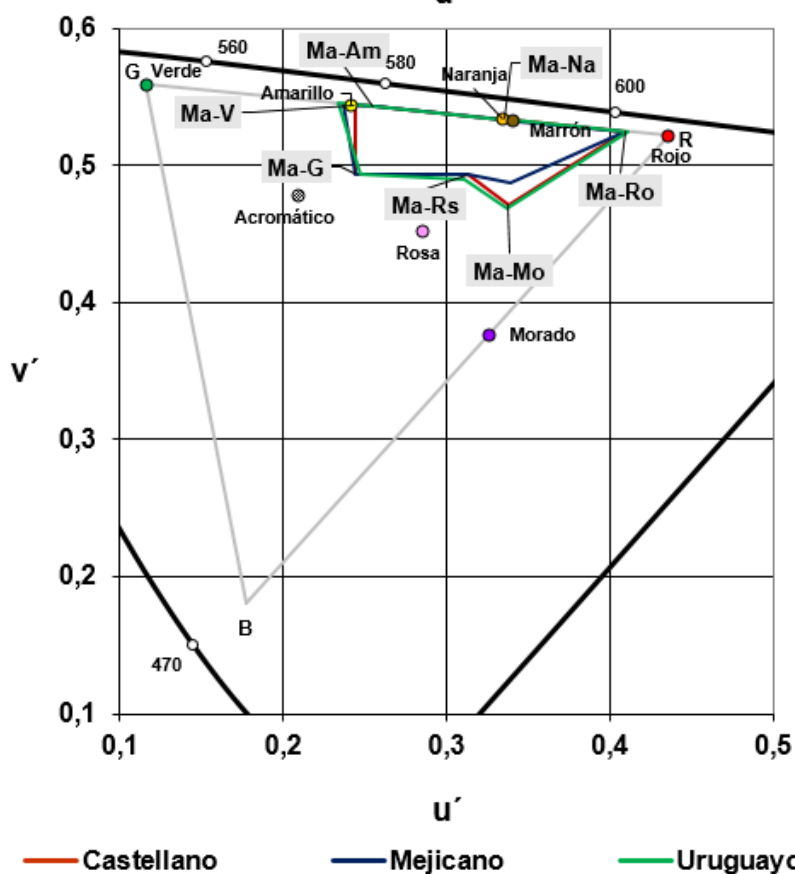
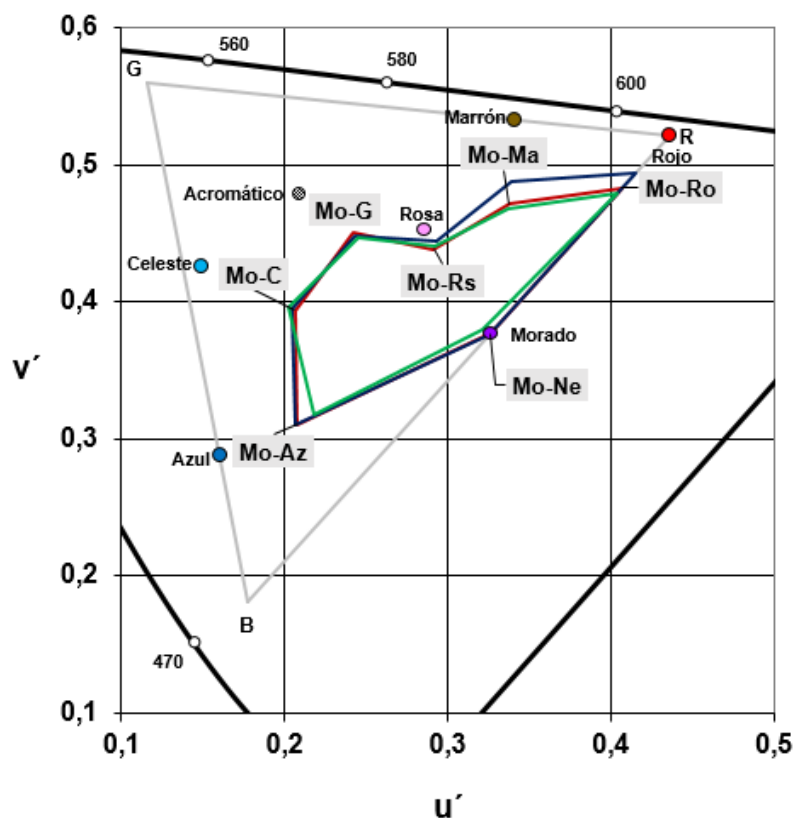


Figura 4.3. i) Rosa, j) Marrón. Fronteras de las categorías básicas ajustadas. Se presentan unidas por líneas las fronteras ajustadas para cada versión del Español (línea roja Castellano, azul Mejicano y verde Uruguayo) y mediante círculos de color los extremos de los ajustes.

k) Morado



l) Celeste

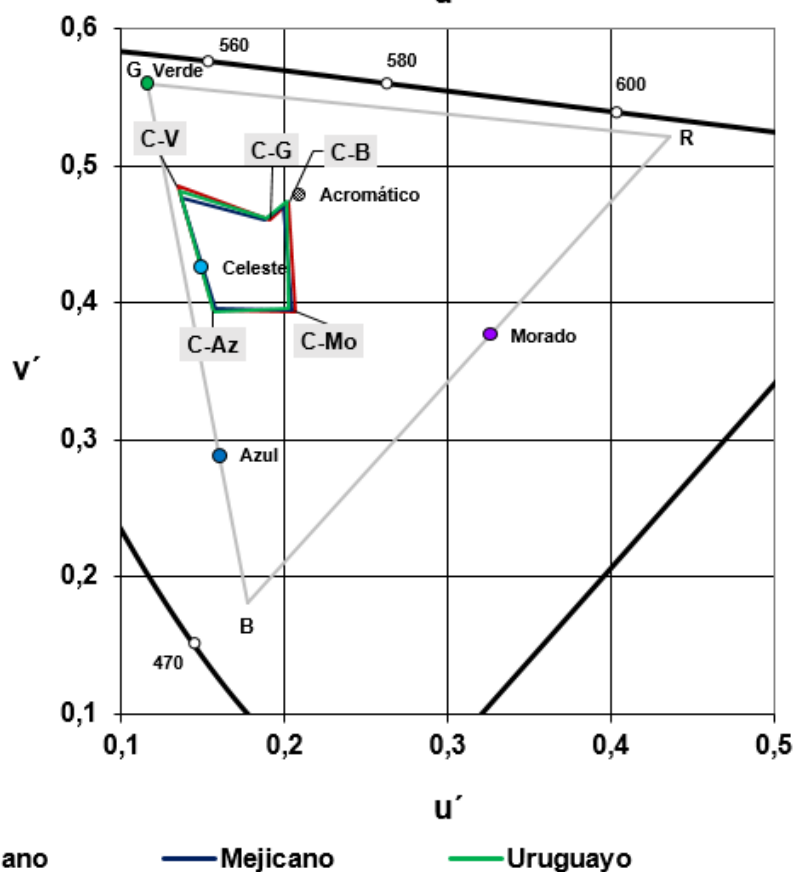


Figura 4.3. k) Morado, l) Celeste. Fronteras de las categorías básicas ajustadas. Se presentan unidas por líneas las fronteras ajustadas para cada versión del Español (línea roja Castellano, azul Meicano y verde Uruguayo) y mediante círculos de color los extremos de los ajustes.

La tabla 4.14 y la figura 4.4 muestran los valores medios para L^* y las diferencias entre tales valores entre pares de versiones del Español. Es fácil observar que aparecieron relativamente pocas diferencias significativas y que estas, además, fueron de magnitud relativamente reducida (véase la semejanza en la altura de las barras incluidas en cada terna de la figuras 4.14. En términos más concretos, en las 34 fronteras sólo hubo 8 diferencias significativas ($p < 0.05$) para la comparación Castellano-Mejicano, 9 para la Castellano Uruguayo y 10 para la Mejicano-Uruguayo. De estas ninguna supero el valor 5 para la comparación Castellano-Mejicano, 3 para la Castellano Uruguayo y otras 3 para la Mejicano-Uruguayo.

Las columnas correspondientes de la tabla 4.15 y la figura 4.5 muestran los valores medios para a^* y las diferencias entre tales valores entre pares de versiones del Español. Es fácil observar que aparecieron relativamente pocas diferencias significativas y que estas, además, fueron de magnitud relativamente reducida (véase la semejanza en la altura de las barras incluidas en cada terna de la figuras 4.15. En términos más concretos, en las 34 fronteras sólo hubo 7 diferencias significativas ($p < 0.05$) para la comparación Castellano-Mejicano, 5 para la Castellano Uruguayo y 7 para la Mejicano-Uruguayo. De estas ninguna supero el valor 5 para la comparación Castellano-Mejicano, 3 para la Castellano Uruguayo y otras 3 para la Mejicano-Uruguayo.

Las columnas correspondientes de la tabla 4.15 y la figura 4.6 muestran los valores medios para b^* y las diferencias entre tales valores entre pares de versiones del Español. Es fácil observar que aparecieron relativamente pocas diferencias significativas y que estas, además, fueron de magnitud relativamente reducida (véase la semejanza en la altura de las barras incluidas en cada terna de la figuras 4.15. En términos más concretos, en las 34 fronteras sólo hubo 9 diferencias significativas ($p < 0.05$) para la comparación Castellano-Mejicano, 11 para la Castellano-Uruguayo y 9 para la Mejicano-Uruguayo. De estas sólo 5 superaron el valor 5 para la comparación Castellano-Mejicano, 4 para la Castellano-Uruguayo y 5 para la Mejicano-Uruguayo.

Tabla 4.14 Valores L* para cada frontera en las tres versiones del Español y diferencias entre ellas (ΔL^*). Las diferencias significativas se indican mediante asteriscos (*, análisis paramétricos) o almohadillas (#, análisis no paramétricos).

	Castellano	Mejicano	Uruguayo	Castellano Mejicano	Castellano Uruguayo	Mejicano Uruguayo
Frontera	L*	L*	L*	ΔL^*	ΔL^*	ΔL^*
Ro-Na	58,31	55,68	57,75	2,631*#	0,56	2,075*#
Ro-Rs	57,55	57,97	59,56	0,42	2,003*#	1,587*#
Ro-Mo	33,59	35,69	33,64	2,103*#	0,05	2,051*#
Ro-Ma	31,52	31,20	31,84	0,32	0,32	0,64
V-Az	32,10	31,99	32,13	0,11	0,03	0,14
V-Am	63,95	62,99	64,56	0,97	0,61	1,57
V-Ma	24,50	24,70	24,94	0,20	0,44	0,24
V-B	96,75	96,38	96,61	0,36#	0,14	0,23
V-Ne	7,28	8,22	13,45	0,94	6,169*#	5,233*#
V-G	34,05	33,74	33,73	0,313*#	0,316*#	0,00
Az-Mo	27,91	27,99	27,16	0,08	0,743*#	0,827*#
C-B	94,78	92,38	93,96	2,399*#	0,82	1,58
Az-Ne	8,82	10,59	14,27	1,77	5,449*#	3,68
Az-G	34,30	34,12	35,05	0,19#	0,75	0,94#
Am-Na	78,27	74,81	77,23	3,466*#	1,05	2,420*#
Am-Ma	55,25	54,46	55,11	0,79#	0,14	0,65
Am-B	55,25	54,46	55,11	0,79#	0,14#	0,65
Na-Rs	55,25	54,46	55,11	0,79	0,14#	0,65
Na-Ma	45,88	44,99	43,72	0,89	2,16	1,27
Rs-Mo	50,19	52,17	52,17	1,98	1,98	0,00
Rs-Ma	49,64	49,56	50,89	0,08	1,25	1,33
Rs-B	95,55	92,93	93,64	2,611*#	1,90#	0,71
Rs-G	56,49	57,88	58,32	1,39	1,836*#	0,44
Mo-Ma	21,77	21,70	21,84	0,07	0,07	0,138*#
Mo-Ne	5,79	4,66	9,58	1,13	3,783*#	4,913*#
Mo-G	30,62	30,30	30,19	0,32	0,43	0,11
Ma-Ne	8,43	5,25	11,75	3,181*#	3,315*#	6,497*#
Ma-G	29,25	29,29	28,58	0,04	0,68	0,71
B-G	91,15	87,10	85,93	4,06#	5,227*	1,17
Ne-G	20,30	16,79	23,23	3,50	2,93	6,435*#
V-C	70,42	70,02	70,28	,397*#	0,14	0,26#
C-G	69,81	70,05	70,13	0,23	0,32	0,08
C-Mo	57,11	57,26	57,70	0,15	0,59	0,44
C-Az	55,94	56,08	54,90	0,14	1,04	1,19

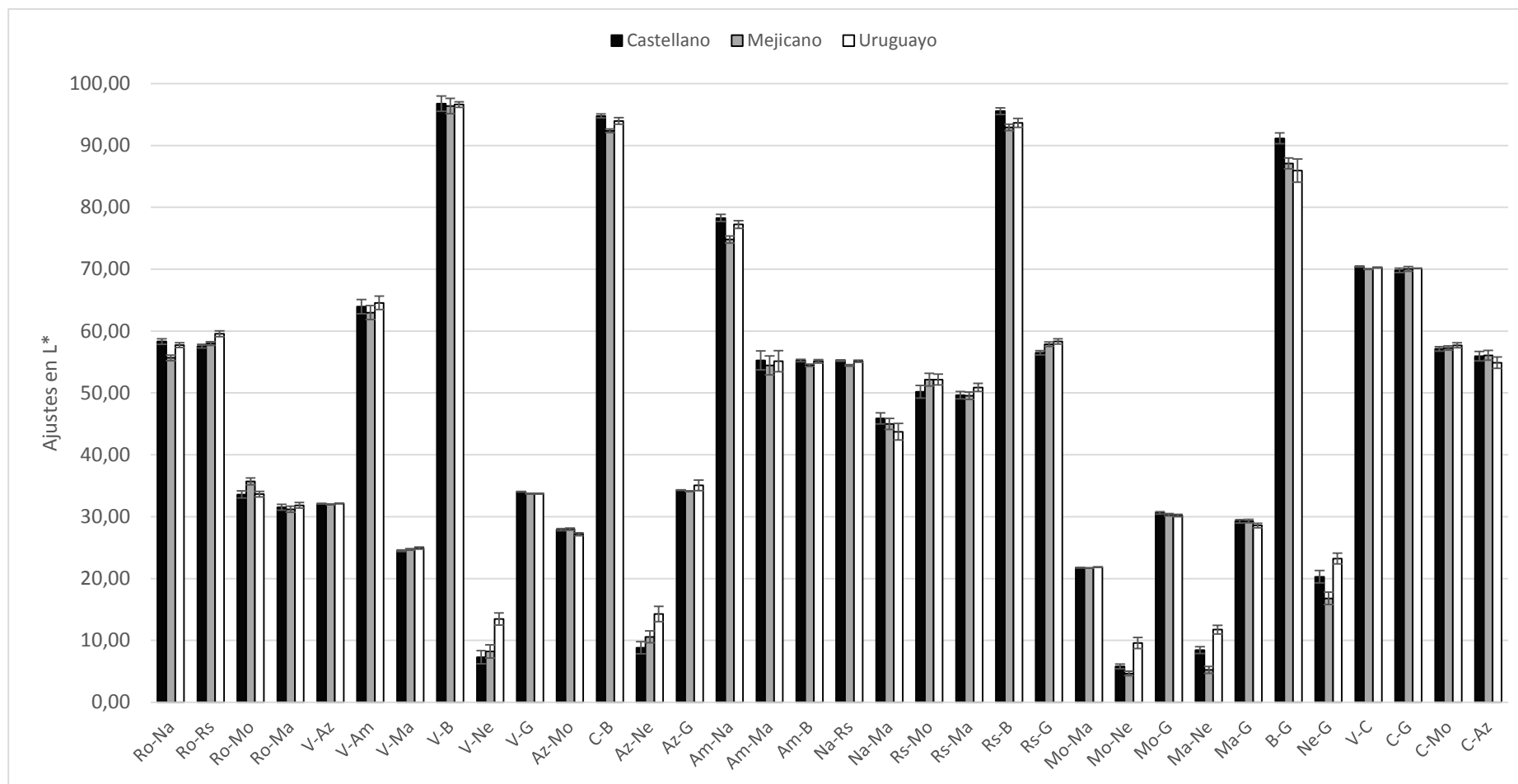


Figura 4.4. Valores L* promedio de los ajustes en las 34 fronteras para cada versión del Español (Castellano, barras negras; Mejicano, barras grises; y Uruguayo, barras blancas)

Tabla 4.15 Coordenadas cromáticas (a*, b*) para las tres versiones del Español y diferencias entre ellas (Δa^* , Δb^*) en cada transición. La existencia de diferencias significativas se indica mediante asteriscos (*, análisis paramétrico) o almohadillas (#, análisis no paramétrico).

Transición	Castellano		Mejicano		Uruguayo		Castellano Mejicano		Castellano Uruguayo		Mejicano Uruguayo	
	a*	b*	a*	b*	a*	b*	Δa^*	Δb^*	Δa^*	Δb^*	Δa^*	Δb^*
Ro-Na	59,74	60,68	61,87	59,07	59,54	60,26	2,13#	1,61*#	0,20	0,42	2,33#	1,19*#
Ro-Rs	64,92	25,56	64,41	23,70	62,53	18,69	0,51	1,87	2,39*#	6,9*#	1,88*#	5,01*#
Ro-Mo	52,27	13,43	54,29	20,34	52,39	12,05	2,02*#	6,91*#	0,12	1,38	1,89*#	8,29*#
Ro-Ma	43,81	39,53	43,32	39,23	44,41	39,84	0,48	0,30	0,60	0,31	1,08	0,60
V-Az	-23,4	-14,60	-23,68	-13,52	-20,80	-18,37	0,32	1,08	2,55#	3,77#	2,87#	4,85
V-Am	-7,68	58,34	-8,24	57,59	-7,50	58,80	0,56	0,75	0,17	0,46	0,74	1,21
V-Ma	1,24	-41,96	-0,45	-34,22	-1,42	-21,29	1,70	0,04	2,66	,150*	0,96	0,11
V-B	-6,01	3,79	-16,59	10,12	-15,90	9,76	10,6*#	6,32*#	9,89*#	6,0*#	0,68	0,36
V-Ne	-17,5	10,85	-17,96	11,80	-26,18	17,18	0,42	0,95	8,64*#	6,3*#	8,22*#	5,38*#
V-G	-8,91	5,48	-12,38	7,72	-12,10	7,46	3,48*#	2,24*#	3,20*#	2,0*#	0,28	0,26
Az-Mo	28,64	-48,44	28,32	-48,82	29,94	-45,29	0,32	0,38	1,30#	3,15*	1,62#	3,53*
C-B	-3,24	-5,15	-4,93	-7,61	-4,20	-4,36	1,69#	2,46#	0,96	0,79	0,73	3,25
Az-Ne	7,81	-30,78	8,51	-32,42	10,50	-38,45	19,98	17,15	21,91#	31*#	1,93	13,60
Az-G	3,50	-19,90	4,58	-25,32	4,65	-25,06	1,08#	5,41*#	1,15	5,16*	0,07	0,26
Am-Na	16,68	70,81	21,99	68,72	18,32	70,18	5,30*#	2,08*#	1,64	0,63	3,67*#	1,46*#
Am-Ma	7,26	53,07	7,48	52,51	7,37	52,98	0,23	0,56	0,11	0,09	0,11	0,47
Am-B	7,26	53,07	7,48	52,51	7,37	52,98	0,23	0,56	0,11	0,09	0,11	0,47
Na-Rs	7,26	53,07	7,48	52,51	7,37	52,98	0,23	0,56	0,11	0,09	0,11	0,47
Na-Ma	34,34	48,71	33,80	48,01	33,13	44,44	0,54	0,70	1,20	4,27	0,66	3,57
Rs-Mo	42,51	-14,04	43,37	-11,55	43,46	-13,27	0,86	2,48	0,95	0,77	0,09	1,72
Rs-Ma	37,51	15,44	37,52	15,77	38,34	13,16	0,01	0,32	0,83	2,28	0,82	2,60
Rs-B	7,13	-1,55	11,44	-2,48	10,24	-2,25	4,31*#	,932*#	3,1#1	0,70#	1,20	0,23
Rs-G	15,93	-3,46	19,29	-4,14	20,51	-4,42	3,36	0,68	4,57*	,97*#	1,21	0,28
Mo-Ma	29,29	3,08	27,23	8,40	29,75	-0,08	2,06*#	5,33*#	0,46	3,16	2,53*#	8,48*#
Mo-Ne	22,60	-12,45	18,81	-10,53	25,74	-14,14	3,79	1,91	3,14#	1,69#	6,93*#	3,61*#
Mo-G	14,16	-8,06	14,98	-8,68	15,80	-9,07	0,82	0,63	1,64	1,01	0,82	0,38
Ma-Ne	13,73	12,47	10,48	9,25	15,98	16,83	3,25*#	3,22#	2,24#	4,4*#	5,50*#	7,58*#
Ma-G	8,01	7,21	7,98	7,14	8,84	7,38	0,03	0,07	0,82	0,17	0,85	0,24
B-G	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
Ne-G	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
V-C	-52,4	-1,44	-48,47	-6,84	-50,56	-4,05	3,94*#	5,40*#	1,85	2,61	2,09	2,78
C-G	-6,33	-12,17	-8,30	-12,63	-7,87	-12,25	1,97*#	0,46#	1,54	0,08	0,44	0,38
C-Mo	19,36	-41,68	18,34	-41,65	16,82	-41,29	1,02	0,04	2,55	0,40	1,53	0,36
C-Az	-10,1	-42,79	-9,86	-42,24	-9,72	-42,36	0,24	0,55	0,38	0,43	0,14	0,12

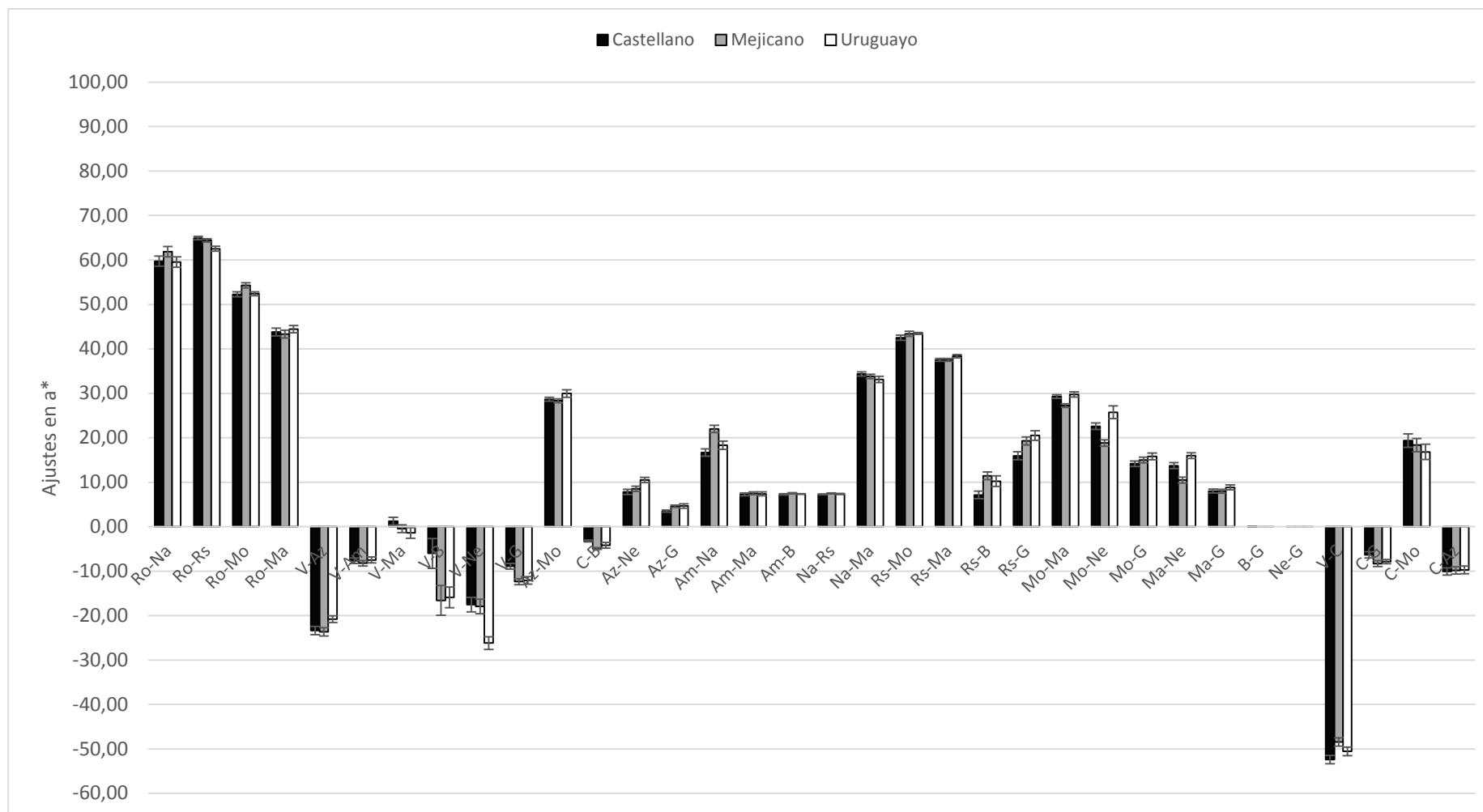


Figura 4.5. Valores a* promedio de los ajustes en las 34 fronteras para cada versión del Español (Castellano, barras negras; Mejicano, barras grises; y Uruguayo, barras blancas).

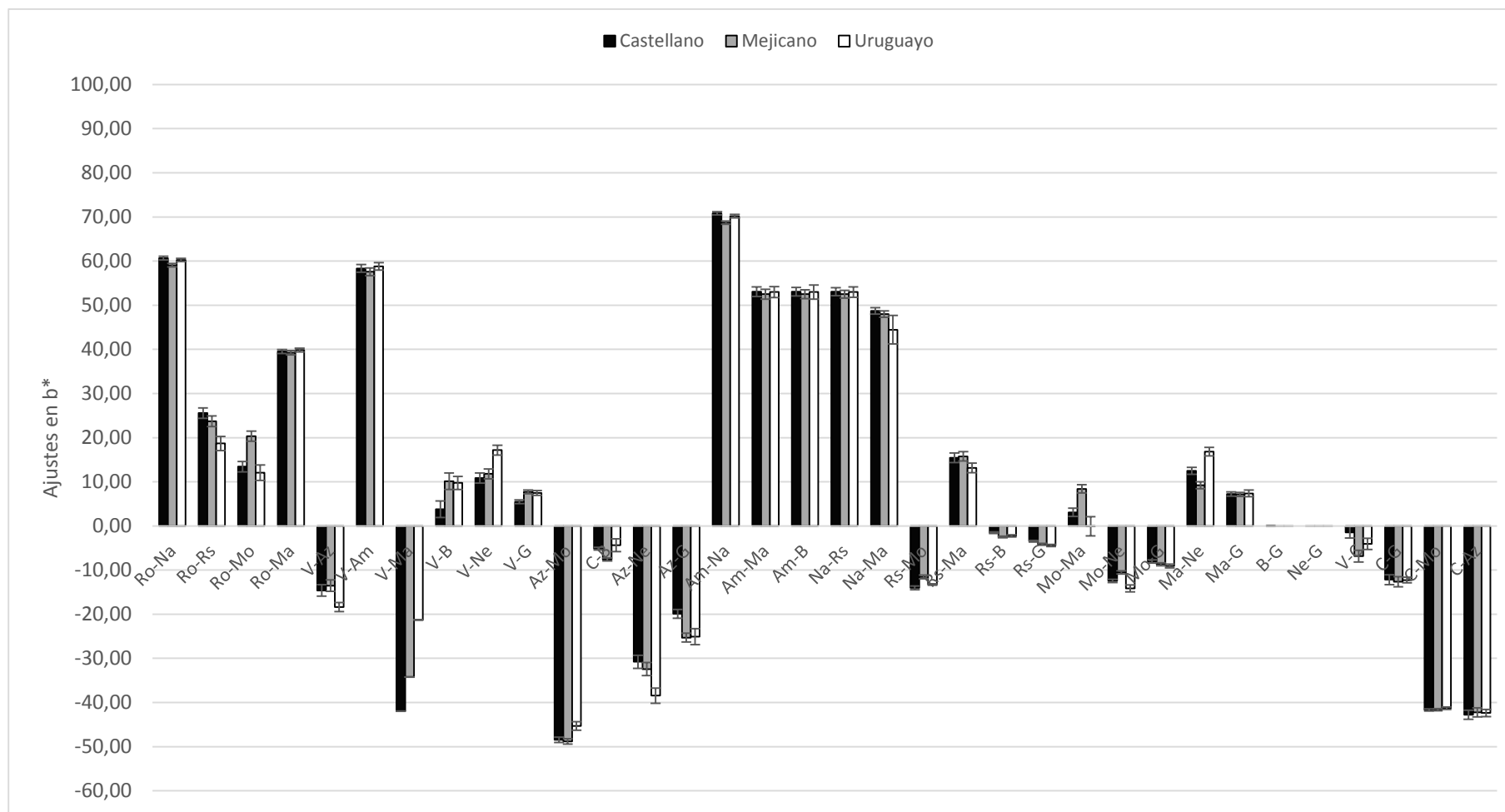


Figura 4.6. Valores b^* promedio de los ajustes en las 34 fronteras para cada versión del Español (Castellano, barras negras; Mejicano, barras grises; y Uruguayo, barras blancas)

4.3. Discusión

La línea verde de la figura 4.3 L) delimita cualitativamente la superficie cromática de los estímulos compatibles con el uso de la categoría básica “Celeste” en el Uruguayo. Su trazado es casi idéntico al obtenido utilizando las fronteras ajustadas por castellanos y mejicanos, aún y cuando en las versiones del Español habladas por estas personas el término Celeste no identifica ninguna categoría básica. En términos más concretos, y en base a lo indicado en las tablas 4.11, 4.12 y 4.13 para u^* y v^* en las fronteras celeste-blanco (C-B), verde-celeste (V-C), celeste-gris (C-G), celeste-morado (C-Mo) y celeste-azul (C-Az), puede afirmarse que los hablantes de las tres versiones del Español (Castellano, Mejicano, Uruguayo) mostraron diferencias mínimas y raramente significativas a la hora de segmentar el espacio de color tomando como referencia un buen ejemplar de lo que los Uruguayos denominan celeste. Puede concluirse, por tanto, que son semejantes las superficies cromáticas (áreas en el diagrama de cromaticidad CIE u^*v^*) correspondientes a la categoría cromática celeste (Uruguayo) o a los estímulos que podrían categorizarse como celestes para los hablantes de las dos versiones del Español (Castellano y Mejicano) que carecen de esta categoría básica.

Los resultados para la categoría “azul” mostrados en la figura 4.3.B), complementan a los comentados en el párrafo anterior. En este caso la línea verde muestra que la categoría azul tiene una extensión inferior en el Uruguayo que en las otras dos versiones del Español. Esto es así porque en el Uruguayo no se incluyen los estímulos que, sólo para los hablantes de esta versión del Español, forman el referente perceptivo de la categoría básica de celeste. Dicho con otras palabras, para los hablantes de Castellano y el Mejicano los celestes son un tipo de azul y, por tanto, contribuyen a incrementar la extensión colorimétrica de esta categoría.

Salvo en lo que tiene que ver con las delimitaciones de celeste y azul (ya comentado), la figura 4.3 muestra una gran semejanza en las áreas cromáticas de las categorías básicas de las tres versiones. Más aún, tales áreas muestran una gran semejanza con las que aparecen en Lillo *et al.*, (2007). Se indican a continuación las partes de la figura 4.3 (primero) y de la publicación citada (después) que permiten efectuar la comparación para cada categoría: Verde (fig. 4.3 A) y figura 3, columna

central). Azul (fig. 4.3 B) y figura 3, columna izquierda). Rojo (fig. 4.3 C) y figura 6, columna izquierda). Amarillo (fig. 4.3 D) y figura 5, columna izquierda). Negro (fig. 4.3 E) y figura 4, columna izquierda). Blanco (fig. 4.3 F) y figura 4, columna izquierda). Gris (fig. 4.3 G) y figura 4, columna central). Naranja (fig. 4.3 H) y figura 5, columna derecha). Rosa (fig. 4.3 I) y figura 6, columna central). Morado (fig. 4.3 K) y figura 6, columna derecha). La semejanza observada entre las áreas cromáticas de las tres versiones del Español, además de reflejarse en que las tablas 4.10, 4.11 y 4.12 muestren pocas diferencias significativas, indica que Castellano, Mejicano y Uruguayo pueden considerarse versiones de un mismo idioma o, si se prefiere, dialectos del Español. Además, prueba que nuestra investigación presentó estimulaciones similares en los tres laboratorios participantes en ella.

Las figuras 4.4, 4.5 y 4.6 indican que los estímulos seleccionados como fronteras en las tres versiones fueron similares en los tres ejes del espacio CIE $L^*a^*b^*$ (L^* , figura 4.4; a^* , figura 4.5; b^* figura 4.6). La impresión gráfica proporcionada por estas figuras fue confirmada por los resultados de los análisis resumidos en las tablas 4.14 (valores L^* e ΔL^*) y 4.15 (valores a^* , Δa^* , b^* , Δb^*) y lleva a concluir que, complementando lo ya indicado respecto a las áreas cromáticas, también las extensiones de las tres versiones del Español en el espacio de color son similares excepto, lógicamente, lo referido a la categoría celeste (sólo existente en el Uruguayo) y a las consecuencias de este hecho respecto a la categoría azul.

Atender a las características colorimétricas (tabla 4.2) de los estímulos denominados azul, verde y celeste (tabla 4.3) cuando aparecieron en un extremo de una transición lleva a concluir que, en términos colorimétricos, los celestes no son “azules claros” sino “azules-verdosos claros”. En términos técnicos, es evidente que los niveles de claridad asociados al uso de la celeste fueron altos (tabla 4.2, $L^*=68.13$ para el mejor ejemplar de celeste; Tabla 4.14 y figura 4.4, L^* por encima de 55 para todas las fronteras de celeste), pero también lo es que los valores a^* y b^* para los celestes fueron distintos a los de los azules no celestes. Como indica la tabla 4.2, para el mejor azul fueron $a^*=17,58$; $b^*=-63,07$, mientras que los del mejor celeste fueron $a^*=-25,46$ y $b^*=-34,61$. Como puede observarse, a^* cambia de signo. Es positivo para el estímulo azul y negativo para el celeste. Recuérdese (apartado 1.5.3) que esta variable se relaciona con el funcionamiento del mecanismo rojo-verde y que los valores negativos se asocian a una respuesta de tipo “verde”. Por ello, los tres verdes descritos en la tabla 4.2 tienen

valor a^* negativo. Por ello también, la figura 4.3.B) hace fácil apreciar que el subconjunto de azules que constituyen la categoría de celeste en el Uruguayo está formado por los azules más próximos a los estímulos categorizados como verdes en cualquier versión del Español. Qué sea así, que los celestes sean colorimétricamente azules-verdosos, es muy importante, porque es algo que también sucede para los “celestes” presentes en idiomas como el Ruso (Corbett y Morgan, 1988; 1990; Davies & Corbett, 1994; Paramei, 2005), el Griego (Androulaki, Gómez-Pestaña, Mitsakis, Lillo, Coventry y Davies, 2006) o el turco (Özgen & Davies, 1998). Idiomas que se hablan en zonas geográficamente alejadas de aquella donde se usa el Uruguayo.

Las dos tareas incluidas en nuestro cuasi-experimento, “denominación de extremos” y “delimitación de fronteras”, produjeron importantes diferencias entre las categorías primarias (verde, azul, rojo, amarillo, negro y blanco) y las derivadas (gris, naranja, rosa, marrón/café, morado/violeta y celeste). La primera tuvo que ver con la posible variabilidad en los términos utilizados para denominar las categorías: no la hubo para las primarias, si para las derivadas. Concretamente, hubo dos categorías derivadas que recibieron denominaciones distintas (TCBs) dependiendo de la versión del Español considerada. Así, lo que en Castellano y Uruguayo se identificó como marrón fue lo mismo que en Mejicano se identificó como café. En forma similar, lo que en Castellano y Mejicano se identificó predominantemente como morado es lo mismo que en Uruguayo tendió a denominarse violeta. En cualquier caso, como especifican las correspondientes filas de la tabla 4.3, los dos términos, morado y violeta, aparecieron en las tres versiones del Español, algo que no sucedió en relación con el término café, cuyo uso fue exclusivo del Mejicano.

El segundo aspecto en el que las categorías primarias difieren de las derivadas es en la consistencia en la denominación de los estímulos presentados en los extremos de las transiciones. Como indica la tabla 4.3, atendiendo a los datos combinados de hombres y mujeres, el porcentaje más bajo de denominaciones con la misma categoría para las primarias fue de 93,3 % (negro en el Castellano), mientras que llegó a ser de sólo 63,33 % (morado en el Mejicano) para las derivadas. Sin duda, este hecho está relacionado con la presencia de más de un término equivalente para denominar una misma categoría. Tal y como se demostró en otro lugar (Lillo *et al.*, 2007, experimento 2), en el Castellano los términos morado y violeta son sinónimos, aunque el primero sea de uso más frecuente.

Como ya se ha indicado, el uso de transiciones de colores (como la reproducida en la figura 4.1) permite, de forma relativamente rápida y sencilla: (1) delimitar las porciones del espacio de color relacionadas con las distintas CCBs de un idioma o versión y, por tanto, (2) efectuar comparaciones entre idiomas/versiones. Sin duda, la adecuada utilización de las transiciones para efectuar comparaciones entre idiomas/versiones requiere disponer de un cierto grado de sofisticación tecnológica para asegurar la equivalencia de la estimulación presentada a los distintos grupos de hablantes. Sin embargo, la exigencia de sofisticación es un requisito ya superado en los estudios que han trabajado con superficies de colores, tal y como son los relacionados con la Word Color Survey (Kay *et al.*, 2009) o los realizados recientemente por nuestro equipo para evaluar el uso de las categorías de color en personas con alteraciones en la visión del color (Lillo *et al.*, 2012 y 2014; Moreira *et al.*, 2014). En tales trabajos presentar estimulaciones equivalentes requirió: (1) utilizar un conjunto de estímulos físicos homologados (como los de los atlas de colores Munsell o NCS) y (2) asegurar unas condiciones de iluminación equivalentes (iluminancias y temperaturas del color). Por otra parte, presentar estimulaciones equivalentes mediante monitores de ordenador requiere: (1) utilizar monitores con primarios de coordenadas cromáticas semejantes y (2) asegurarse, realizando los ajustes y mediciones colorimétricas pertinentes, que tales monitores utilizan valores gamma similares. Cumplidos estos requisitos, los monitores permiten realizar investigación de calidad estimular equivalente a obtenida utilizando atlas de colores estandarizados, al tiempo que se manejan los estímulos de forma mucho más flexible.

Como veremos, los resultados obtenidos en relación con las fronteras de la categoría “negro” pueden hacer pensar en una limitación asociada al uso de transiciones de color y monitores de ordenador. Tal y como se esperaba, los valores $L^*a^*b^*$ asociados a negro (mejor ejemplar, tabla 4.2; fronteras, figuras 4.4, 4.5 y 4.6; tablas 4.14 y 4.15) son próximos a cero, ya que corresponden a estímulos que mandan poca energía al ojo y, producen respuestas reducidas en el mecanismo acromático (L^*), el rojo-verde (a^*) y el amarillo-azul (b^*). Sin embargo, resulta llamativo el gran tamaño del área correspondiente a negro en la figura 4.3.E. Tal tamaño contrasta con las áreas menores correspondientes a las categorías de blanco (figura 4.3.F) y gris (figura 4.3.G). ¿Por qué es así?

La variación en el tamaño de las áreas de las categorías de color es algo ya descrito en Lillo *et al.*, (2007). También allí el área correspondiente a negro fue mayor que su equivalente para blanco (op.cit. figura 4, columna de la izquierda). Más aún, la misma figura mencionada, en su columna central, muestra que en el gris se obtuvo una relación inversa entre claridad y extensión cromática: Esta se redujo con el incremento en el nivel de claridad (mayor para los grises oscuros, menor para los claros).

¿Por qué el área de las categorías de color depende de la claridad? Para entenderlo debe recordarse que los diagramas de cromaticidad no proporcionan información directa sobre la intensidad estimular y que, por ello, el mismo punto acromático ($u' = 0.21$; $v' = 0.48$) corresponde a estímulos que son buenos ejemplos de negro, gris o blanco (véase tabla 4.2). Sin embargo, la intensidad estimular influye en la respuesta de los mecanismos cromáticos: si un estímulo es poco intenso, es difícil que produzca una respuesta en ellos a menos que sea muy puro. Por ello, las fronteras de negro (figura 4.3.E) deben estar más lejos del punto acromático que las del gris (figura 4.3.G), aunque den lugar a una forma semejante en el diagrama de cromaticidad. Las fronteras del blanco, por otra parte, deben estar muy cerca del punto acromático, porque corresponden a estímulos intensos que, por tanto, activan con mayor facilidad a los mecanismos cromáticos. En cualquier caso, las fronteras correspondientes a los estímulos acromáticos sirvieron muy adecuadamente al principal objetivo de la presente investigación, permitir comparar tres versiones del Español y mostrar que estas son plenamente semejantes en lo que respecta a la delimitación colorimétrica de las categorías acromáticas.

Una de las finalidades con las que se diseñó el cuasi-experimento de las transiciones fue la de buscar diferencias entre mujeres y hombres. El factor sexo fue, por ello, el primero de los incluidos en los análisis realizados para comparar hombres y mujeres respecto a la frecuencia de las denominaciones utilizadas en los extremos. Muy pocas de tales comparaciones fueron significativas, algo que sucedió tanto cuando la comparación mujeres-hombres se realizó para el conjunto de los hispanohablantes (tabla 4.5), como cuando se hizo en forma independiente para cada una de las tres versiones (tabla 4.6). Tal resultado era esperable considerando la magnitud reducida de la mayor parte de las diferencias existentes entre mujeres y hombres. Por ello los resultados obtenidos al comparar las frecuencias de denominación para las distintas

categorías entre los distintos idiomas fue muy similar cuando se consideró la población general (tabla 4.6) y cuando se consideró a cada sexo por separado (tablas 4.7 y 4.8).

La casi inexistencia de diferencias significativas relacionadas con la variable sexo observada en la tarea de denominación apareció también en los distintos tipos de análisis relacionados con la de delimitación de fronteras. Esto es, como indican las tablas 4.10, 4.11 y 4.12, apenas hubo diferencias significativas entre hombres y mujeres para las cinco variables colorimétricas utilizadas (L^* , u^* , v^* , a^* , b^*) en la delimitación colorimétrica de las 12 categorías básicas del Español. Tampoco existieron respecto a la variabilidad en los ajustes efectuados: ninguna de las comparaciones efectuadas partiendo de las desviaciones típicas mostró diferencias significativas entre hombres y mujeres.

En síntesis, la primera tarea realizada durante la realización del cuasi-experimento 2 sirvió para: (1) confirmar la existencia de un número diferente de categorías básicas en, de una parte, el Castellano y el Mejicano (11) y, de otra, el Uruguayo (12) y, además, (2) identificar los pares de términos que corresponden a una misma categoría en distintas versiones (marrón/café y morado/violeta). Por otra parte, la tarea de delimitación de categorías sirvió para: (3) comprobar que 10 de las 12 categorías básicas del Español son similares colorimétricamente en las tres versiones: verde, rojo, amarillo, negro, blanco, gris, naranja, rosa, marrón/café, morado/violeta. Por otra parte, la tarea de delimitación de fronteras también sirvió para: (4) confirmar la existencia de una categoría, identificada mediante el TBC celeste, que sólo aparece en el Uruguayo aunque, (5) tiene los mismos límites que los hablantes de Castellano y Mejicano ajustan para una categoría hipotética no existente en la versión del Español hablada por ellos.

Capítulo 5.

Conclusiones

Al inicio de la parte empírica de esta tesis se indicó que incluía dos cuasi-experimentos, uno de listas elicítadas y otro de transiciones entre colores (utilizadas para dos tareas diferentes). También se indicó que el objetivo que justificó el uso de listas elicítadas fue el de identificar los términos de color básicos (TCBs) utilizados en tres versiones (o dialectos) distintas del idioma Español: el Castellano, el Mejicano y el Uruguayo. Hacerlo así posibilitó la comparación directa de nuestros resultados con los obtenidos previamente en otros idiomas/versiones (Corbett y Morgan, 1988; 1990; Davies & Corbett, 1994; Paramei, 2005; Androulaki, Gómez-Pestaña, Mitsakis, Lillo, Coventry y Davies, 2006; Özgen & Davies, 1998) y, muy especialmente, con los obtenidos en la única evaluación exhaustiva de términos (TCBs) y categorías (CCBs) cromáticas básicas efectuada en nuestro idioma (Lillo *et al.*, 2007).

Los resultados proporcionados por las listas elicítadas indicaron que existían 14 TCBs, en el conjunto de las tres versiones del Español estudiadas. En, al menos, una versión, cada uno de estos términos apareció en más del 50% de las listas. Nueve de tales términos aparecieron en las tres versiones. Estos fueron los siguientes: verde, azul, rojo, amarillo, negro, blanco, gris, naranja y rosa. Los otros cinco sólo fueron básicos para una o dos de las versiones: marrón para el Castellano y el Uruguayo; café para el Mejicano; morado para el Castellano y el Mejicano; violeta y celeste para el Uruguayo.

En base a los resultados descritos en Lillo *et al.* (2007), y también en base a la posible relación de los TCBs con las sensaciones elementales de la teoría de los procesos oponentes de Hering, se consideraron cuatro grupos de términos básicos usando las dicotomías primario-derivado (relacionado, respectivamente, con una o dos sensaciones elementales) y cromático-acromático. En el grupo cromático-primario se incluyeron cuatro términos: verde, azul, rojo y amarillo. En el cromático-derivado, siete: naranja, rosa, marrón, café, morado, violeta y celeste. En el acromático-primario, dos: negro y blanco. En el acromático-derivado uno: gris.

Los grupos de términos fueron relevantes para describir los resultados obtenidos creando listas. En lo relacionado con la frecuencia de aparición de los términos (figura 3.2), los términos primarios (cromáticos y acromáticos) fueron claramente superiores a los derivados. En lo relacionado con el orden de aparición de los términos (figura 3.3) los términos primarios cromáticos mostraron órdenes preeminentes respecto al resto. El patrón descrito fue similar al previamente obtenido por Lillo *et al.* (2007) para el Castellano, por lo que los resultados obtenidos en la presente tesis pueden considerarse una confirmación. La principal excepción al patrón descrito se produjo para el término de blanco en el Mejicano: tanto en frecuencia como en orden este se comportó como si fuese uno derivado (frecuencia reducida, orden tardío) y no, como esperábamos, y como sucedió para el Castellano y el Uruguayo, como uno primario acromático. Para terminar, aunque hubo diferencias significativas en el número de términos presentes en las listas de las tres versiones del Español (menor para los Castellanohablantes), no las hubo entre mujeres y hombres en ninguna de las versiones.

Se utilizaron transiciones de colores (figura 4.1) para realizar dos tareas diferentes: una de denominación de extremos. Otra de identificación de fronteras. Por ello, puede considerarse que las transiciones permitieron realizar dos cuasi-experimentos, por supuesto relacionados, pero diferentes.

La primera finalidad de la tarea de denominación de extremos fue confirmar la existencia de diferencias en el número de términos básicos de las tres versiones del Español. Al contabilizar el total de términos utilizados consistentemente para denominar los estímulos situados en los extremos de las transiciones (11 en Castellano y Mejicano, 12 en el Uruguayo), se confirmó que el Uruguayo tenía un término básico más que las otras dos versiones. Este hecho situó al Castellano y al Mejicano en el mismo nivel que los idiomas más sofisticados descritos en Berlín y Kay (1969; véase apartado 2.4.1 en esta tesis). Por otra parte, situó al Uruguayo al nivel de los reducidos lenguajes que, como el Ruso (Corbett y Morgan, 1988; 1990; Davies & Corbett, 1994; Paramei, 2005), el Griego (Androulaki, Gómez-Pestaña, Mitsakis, Lillo, Coventry y Davies, 2006) o el turco (Özgen & Davies, 1998). incluyen 12 términos básicos.

La tarea de denominación de extremos sirvió también para establecer equivalencias entre los TCBs utilizados en las 3 versiones del Español evaluadas. Siempre que algún buen representante de una categoría (estímulo en el extremo de una

transición) producía consistentemente el uso de la denominación “A” en una versión y de la “B” en otra, se pudo concluir que “A” y “B” eran TCBs distintos que denominaban una misma categoría. Este hecho se produjo para dos: la categoría marrón/café y la morado/violeta. También se produjo, pero sólo parcialmente, entre azul y celeste, por lo que no se pudo concluir que azul y celeste eran denominaciones alternativas para una misma categoría.

La interpretación de los resultados producidos por la tarea de determinación de fronteras partió del siguiente supuesto: se consideró que los estímulos incluidos entre el extremo de una transición y una frontera se denominaban utilizando un mismo término y, por tanto, correspondían a una misma categoría (la identificada con el término usado para denominar el color del extremo). En base a tal supuesto, y en base también a la selección de transiciones realizada, la tarea de determinación de fronteras permitió efectuar una delimitación de los subvolúmenes del espacio de color correspondientes a cada categoría comparable a la realizada en otras investigaciones (Lillo *et al.*, 2007; Boynton y Olson, 1987; Sturges y Withfield, 1995; Lin *et al.*, 2001 a y b) pero de manera mucho más rápida y, gracias a ello, pudiendo utilizar muestras de participantes más representativas de las poblaciones evaluadas. Gracias a la reducción en el tiempo de evaluación, se pudieron utilizar muestras amplias (30 participantes, 15 mujeres y 15 hombres por versión).

Las áreas cromáticas presentadas en las distintas partes de la figura 4.3 mostraron que 10 de las 12 CCBs del idioma Español se utilizan para denominar estímulos cualitativamente similares en las tres versiones evaluadas. Apenas hubo diferencias significativas, y estas fueron de magnitud reducida, para las siguientes categorías: verde, rojo, amarillo, negro, blanco, gris, naranja, rosa, marrón/café y morado/violeta. La ausencia de diferencias para blanco fue un hecho no esperado ya que, como comentamos anteriormente, esta categoría produjo resultados diferentes en las listas elicítadas para el Mejicano (menor frecuencia que las otras categorías primarias). En cualquier caso, la semejanza general en las dimensiones de las áreas cromáticas indicó que el Castellano, el Mejicano y el Uruguayo son versiones distintas de un mismo idioma. Tal y como muestran los resultados representados en las figuras 4.4 (L*), 4.5 (a*) y 4.6 (b*), tal semejanza también se dio en las variables relacionadas con los aspectos cuantitativos de la percepción del color y que, por ello, sirven para definir los subvolúmenes del espacio de color correspondientes a cada categoría.

Las figuras 4.3.B y 4.3.L muestran los que, muy probablemente, son los resultados más importantes de esta tesis. En la figura 4.3.B aparece una fuerte diferencia en la magnitud de las áreas cromáticas correspondientes a azul: para el Uruguayo (línea verde), la extensión es menor y no incluye lo que, para el Castellano y el Mejicano, es la parte de azul correspondiente a lo que, colorimétricamente hablando, son azules verdosos. Por ello, los límites del azul están más lejos del mejor ejemplar de verde en el Uruguayo. Por ello también, para esta versión el área del azul no incluye al estímulo rotulado como celeste en la figura 4.3.B.

La figura 4.3.L presenta dos resultados muy importantes para comprender la relación entre azul y celeste. En primer lugar, los datos del Uruguayo (línea verde) muestran un área cromática que se complementa con la del azul en la figura 4.3.B: la suma de tales áreas produce otra de magnitud y forma similar a la que tiene azul en el Castellano y el Uruguayo (líneas roja y azul en la figura 4.3 B). En segundo lugar las tres líneas representadas en 4.3.L son casi coincidentes, lo que indica una gran similitud colorimétrica entre los estímulos que los Uruguayos categorizan como celestes (categoría que existe en su versión del Español) y aquellos que podrían categorizar como tales Castellanos y Uruguayos (que carecen de la categoría celeste). Especial relevancia al respecto tiene la frontera rotulada como C-Az (Celeste-Azul) en 4.3.L: no hubo diferencias significativas entre las tres versiones de Español para las dos variables, u^* y v^* , representadas en la figura 4.3.L (véase tabla 4.13). Tampoco hubo diferencias importantes para las variables que permiten definir el subvolumen de celeste en el espacio CIE $L^*a^*b^*$ (véanse figuras 4.4, 4.5 y 4.6 así como las tablas 4.14 y 4.15). En síntesis, las principales conclusiones que permiten alcanzar los resultados descritos en este párrafo son: (1) que la categoría celeste resulta del segmentado de la categoría azul. (2) Que tal segmentado no es aleatorio, sino que coincide con el que efectuarían los hablantes de versiones del Español que carecen de la categoría de celeste y que (3) concuerda con lo que sucede en idiomas, como el Ruso, el Griego o el Turco, que también tienen 12 categorías básicas.

En el capítulo 2 se comentaron tres aproximaciones teóricas relacionadas con el origen de las CCBs. De acuerdo con la primera, a la que se denominó “universalismo ingenuo” (véase apartado 2.3.1), las características de la percepción del color compartidas por la generalidad de los miembros de la especie humana, harían que estos segmentasen en forma similar el espacio de color y que, por tanto, los idiomas sólo

podiesen diferir en la identidad de los términos utilizados para denominar las categorías cromáticas (los TCBs), pero no su referente perceptivo (las CCBs). Los datos obtenidos en esta tesis, obviamente, son incompatibles con estos postulados, puesto que las 3 versiones del Español fueron diferentes, tanto en el número de categorías básicas (11 o 12), como en las características colorimétricas de una de ellas (la de azul).

Por motivos distintos, los resultados de esta tesis no son compatibles con los postulados del “relativismo radical” (véase apartado 2.3.2). De acuerdo con sus versiones más extremas, los factores culturales-lingüísticos segmentarían el espacio de color en forma totalmente arbitraria (Krauss, 1968), y las CCBs resultarían de “la imposición arbitraria de un sistema de categorías” (op. cit. pg 268), mientras que en versiones más recientes (Roberson 2004, 2010), indicarían que la única restricción explícita para el segmentado del espacio de color en un cierto número de categorías, sería la de que todos los colores de una categoría (p.ej. todos los verdes) deberían ocupar posiciones contiguas en el espacio de color (cada verde debería ser próximo, al menos a otro verde). Obviamente, el alto grado de semejanza encontrada en la delimitación de las áreas (figura 4.3) y volúmenes (figuras 4.4., 4.5 y 4.6) de las categorías cromáticas en las distintas versiones del Español estudiadas, no es consistente con el esperado efecto de las diferencias cultural-geográficas existentes entre castellanos, mejicanos y uruguayos. Más importante, la interpretación relativista no puede explicar la estrecha semejanza entre, de una parte, la delimitación colorimétrica obtenida para la categoría celeste en el Uruguayo y, de otra, los ajustes realizados por Castellanos y Mejicanos. Tampoco puede explicar la relación existente entre las áreas de la figura 4.3.B (Azul), y el área delimitada en la 4.3.L (Celeste).

La TEU (Teoría de la Evolución Universal, véase apartado 2.4.1), desarrollada por Paul Kay y sus colaboradores a lo largo de varias décadas (Berlín y Kay, 1969, Kay y McDaniels 1978 y Kay *et al.*, 2009), es una teoría que explica la evolución de las CCBs en base a la interacción de factores universalistas (válidos para todos los humanos) y específicos (propios de una cultura-lenguaje). El último tipo de factor está relacionado con el desarrollo tecnológico, la sofisticación en el uso de los colores y de los nombres utilizados para denominarlos, y el número de los TCBs. Por otra parte, los factores universalistas tienen que ver con aspectos de la percepción-cognición compartidos por los humanos comunes, tal y como son la existencia de sensaciones cromáticas incompatibles o, usando la nomenclatura de Hering, oponentes.

Las relaciones existentes entre las seis sensaciones elementales de Hering (verde-rojo, amarillo-azul, blanco-negro), son esenciales para entender la secuencia lingüístico-evolutiva propuesta por la última versión de la TEU. En los lenguajes asociados a un uso poco sofisticado predominarían las categorías compuestas. Esto es, las que sirven para denominar colores relacionados con una de dos o más sensaciones. Por ejemplo, lo que normalmente se denomina “grue” en la jerga científica es una categoría que integra estímulos en los que se experimenta o verde (Green) o azul (Blue). Como se comentó en el apartado 2.4.1, la progresiva sofisticación del uso de los colores llevaría a que las categorías compuestas fueran progresivamente sustituidas por categorías simples. Esto es, asociadas a una sola sensación elemental. Por tanto, un lenguaje podría pasar de incorporar sólo la categoría de “grue”, a tener las de verde y azul. La fase siguiente, aquella en la que se encuentra el Español, viene definida por la aparición de categorías derivadas. Esto es, aquellas en las que la pertenencia requiere colores que producen la experiencia simultánea de dos sensaciones elementales. Por ejemplo, la categoría de naranja estaría integrada por los colores que producen, simultáneamente, las experiencias de rojo y amarillo. De manera similar, la de celeste incluiría colores que serían, al tiempo, azules y blancos.

A partir de los datos proporcionados por una muestra española relativamente reducida, Lillo *et al* (2007) concluyeron que el Español era un lenguaje asociado a un uso sofisticado del color que incluía 11 CCBs. Los resultados obtenidos en esta tesis han confirmado los hallazgos del estudio citado, pero los limitan a la versión del Español estudiada (el Castellano) y a las que pueden ser similares a ella (el Mejicano), al tiempo que han mostrado que nuestro idioma tiene, al menos, una versión en la que la categoría de azul se ha desdoblado para crear dos categorías. Una, que seguiría asociada al TCB azul (misma denominación, distinto significado), pero que ahora se aplicaría sólo a los estímulos no incluidos en la nueva categoría identificada mediante la denominación de celeste, y que incluiría estímulos de claridad alta y ángulos cromáticos entre los correspondientes a los mejores azules y los mejores verdes.

La figura 4.3 hace fácil apreciar que, para el Uruguayo, el área cromática de celeste (figura 4.3 L) se encuentra entre las correspondientes a verde (4.3 A) y azul (4.3.B). ¿Puede concluirse, por tanto, que los celestes son colores azules-verdosos? A nivel fenomenológico la respuesta es, muy probablemente, “no”. Sin embargo, sería

conveniente realizar en el futuro una investigación que permitiese contestar a la anterior pregunta con más seguridad. Veamos porqué.

Los diagramas de cromaticidad no representan los aspectos cuantitativos de las estimulaciones (apartado 1.5). Por ello, y por ejemplo, el punto acromático corresponde tanto a colores claros (blancos, ciertos grises), como a oscuros (negros). Sin embargo, las investigaciones relacionadas con el fenómeno Bezold-Brücke (p.ej. Lillo et al, 2004; Bimler y Paramei, 2005) han mostrado que la tonalidad de un color no sólo depende de su cualidad estimular (posición ocupada en un diagrama y, por tanto, ángulo cromático) sino, también, de su claridad o brillo. Por ejemplo, las tablas 1 y 2 incluidas en Lillo et al (2004) muestran que los mismos ángulos cromáticos que producen predominantemente la denominación de verde para estímulos medio-oscuros, pasan a producir un predominio de denominaciones de azul para estímulos claros. Por tanto, como en los ámbitos aplicados de la colorimetría es costumbre indicar las tonalidades correspondientes a las intensidades medias, es muy posible que se dé la paradoja de que, de una parte, los celestes sean estímulos fenomenológicamente azules (Azul sólo o con un rastro de verde), al tiempo que tienen ángulos cromáticos similares a los de algunos azules-verdosos y, por ello, se diga que son “colorimétricamente azul-verdosos”. La mejor forma de comprobarlo es realizando un experimento de escalamiento de tono (véase apartado 2.4.1) para evaluar la fuerza con la que se experimentan los componentes azul y verde en los estímulos celestes.

Una de las aportaciones más relevantes de la presente tesis es, en mi opinión, haber utilizado transiciones para: (1) confirmar el carácter básico de algunos términos (consistencia en la denominación de los extremos). (2) Delimitar los volúmenes del espacio de color correspondientes a una categoría y, por tanto, la equivalencia o no entre las categorías identificadas por dos términos básicos. Más interesante aún, tal y como se hizo aquí respecto de celeste, pueden usarse transiciones para evaluar equivalencias entre un término básico (para los uruguayos) y una no-categoría (para españoles y mejicanos. El mismo método podría también utilizarse en el futuro para especificar el referente colorimétrico de términos que, como sucede para el Mejiicano y el Castellano respecto a beige, parecen próximos a establecerse como básicos: volúmenes consistentes en distintos idiomas/versiones serían un indicio de que un mismo factor promueve la segmentación de una porción del espacio de color.

Referencias

- Androulaki, A., Gomez-Pestaña, N., Mitsakis, C., Lillo Jover, J., Coventry, K., y Davies, I. R. L. (2006). Basic Colour Terms in Modern Greek: Twelve Terms. *Journal of Greek Linguistics*, 7, 3-47.
- Backhaus, W. G. K. Kliegl R. y Werner J. S. (1998). *Color vision: perspectives from different disciplines*. Berlin: Walter de Gruyter.
- Beare. A. C. (1963). Color-name as a function of wave-length. *American Journal of Psychology*, 76, 248-256.
- Berlin, B. y Kay. P. (1969). *Basic color terms: Their universality and evolution*. Berkeley, University of California Press.
- Bimler, D. L. y Paramei, G. V. (2005). Bezold-Brücke effect in normal trichromats and protanopes. *Journal of the Optical Society of America*, 22, 2120-2136.
- Bolton, R. (1978). 'Black, white and red all over. The riddle of color term salience'. *Ethnology*. 17 (3). 287-311
- Boynton, R. M. y Gordon, J. (1965). Bezold-Brücke hue shift measured by a color naming technique. *Journal of the Optical Society of America*, 55, 78-86.
- Boynton, R. M. y Olson, C. X. (1987). Locating basic colors in the OSA space. *Color Research and Application*, 12, 94-105.
- Boynton, R. M. y Olson, C. X. (1990). Salience of chromatic basic color terms confirmed by three measures. *Vision Research*, 30, 1311-1317.
- Brown, W. R. J. y MacAdam, D.L. (1949). Visual Sensitivities to Chromaticity and Luminance Differences *Journal of the Optical Society of America*. 39(10), 808-834.

- Capilla, P., & Luque, M. J. (2002). La Trivarianza Visual. En Capilla, P., Artigas, P. J. M y Pujol J. (Eds.), Fundamentos de colorimetría (pp. 13-30). Valencia, España: Universitat de València.
- CIE (1932). Commission internationale de l'Eclairage proceedings, 1931. Cambridge, Estados unidos: Cambridge University Press.
- CIE (1978). Recommendations on Uniform Color Spaces, Color-Difference Equations, Psychometric Color Terms, CIE Publication (E-1.3.1) 1971, Supplement 2. Paris. CIE.
- CIE (2004). Colorimetry, 3rd edition. Colorimetry, Commission Internationale de l'Eclairage, CIE Publication 15:2004, ISBN 3-901-906-33-9.
- Comité Español de Color: (2002). Vocabulario del Color. Sociedad Española de Óptica <http://www.sedoptica.es/SEDO/color/docs/publicaciones/vocabulario-del-color.pdf> Consultado el 16/09/2015.
- Corbett, G. G. y Morgan, G (1988) Colour terms in Russian: reflections of typological constraints in a single language Journal of linguistics 24 (01), 31-64
- Corbett, G. G. y Morgan, G (1990) Colour terms in Russian: reflections of typological constraints in a single language Journal of linguistics 24 (01), 31-64
- Crawford, T. D. (1982). Defining “basic colour terms”. Anthropological Linguistics, 24, 338-343.
- Davies, I. R. L. y Corbett, G. G. (1994). The basic color terms of Russian. Linguistics, 32, 63-89.
- Davies, I. R. L. y Corbett, G. G. (1997). Establishing Basic color terms: measures and techniques. En C. L. Hardin y L. Maffi (Eds.). Color Categories in thought and language (pp.197-223). Cambridge: Cambridge University Press.
- Drivonikou, G V., Kay, P. Regier, T, Ivry, R.B. Gilbert, A.L., Franklin, A. y Davies, I.R.L. (2007). “Further evidence that Whorfian effects are stronger in the right visual field than the left”. Proceedings of the National Academy of Sciences, 104: 1097-1102.

- Fontes, S.; Garacía, C.; Quintanilla, L.; Rodríguez, R.; Rubio, P.; Sarriá, E. y Fontes, A.I. (2010) Fundamentos de investigación en Psicología. Madrid. UNED.
- Franklin, A, Drivonikou, G V, Clifford, A, Kay, P, Regier, T and Davies, I R L (2008b) Lateralization of categorical perception of color changes with color term acquisition. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, 105 (47). pp. 18221-18225. ISSN 1091-6490
- Franklin, A. Drivonikou, G. V. Bevis, L. Davies, I. R. L. Kay, P. y Regier, T. (2008a). Categorical perception of color is lateralized to the right hemisphere in infants, but to the left hemisphere in adults. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 3221-3225.
- Franklin, A. y Davies, I. (2004). "New evidence for infant color categories". *British Journal of Developmental Psychology*, 22: 349-377.
- Frisby, J. P. y Stone, J.V. (2010). *The computational approach to biological vision*. (2nd Ed.). Cambridge. The MIT Press.
- Fuld, H. y Alie, A. M. (1985). Hue naming: a test of the validity of Werner and Wooten's average observer. *Perception and Psychophysics*, 37 (2):145-477.
- Fuld, K., Werner, J.S. y Wooten, B.R. (1983). The possible elemental nature of brown. *Vision Research*, 23 (6). 632-637.
- Fuld, K., Wooten, B. R. y Whalen, J. J. (1981). The elemental hues of short-wave and extra-spectral lights. *Perception and Psychophysics*, 29, 317-322.
- Geiger, L. (1880). *Contributions to the History of the Development of the Human Race*. London: Tubner and Company.
- Gilda V. Drivonikou, G.V., Clifford, A., Franklin, A., Özgen, E. y Davies, I.R.L. (2011). Category training affects colour discrimination but only in the right visual field en Biggam, C.P., Hough, C., Kay, C. y Simmons, D.R. (eds.), *New Directions in Colour Studies*. pp. 251–264.
- Gladstone, W. E. (1858). *Studies on Homer and the Homeric Age*. London: Oxford University Press

- Glasser, L.G.; Mckinney, C.D.; Reilly, C.D.; Schnelle, P.D. (1958). Cube-Root Color Coordinate System. *Journal of the Optical Society of America*. 48(10), 736-740.
- Glasser, L.G.; Troy, D.J. (1952). A new high sensitivity differential colorimeter. *Journal of the Optical Society of America*. 42, 652.
- Gleason, H. A. (1961). *An Introduction to Descriptive Linguistics*. Nueva York, Holt, Rinehart and Winston.
- Goldstein, E. B. (2013). *Sensation and perception*. (9^a Ed.) Belmont. Wadsworth.
- Goodman, J. W. (2010) Some Properties of Speckle from "Smooth" Surfaces International conference on advanced phase measurement method in optics and imaging. 1236: 3-11
- Gordon, J., Abramov, I. y Chan, H. (1994). Describing color appearance: Hue and saturation scaling. *Perception and Psychophysics*, 56, 27-41.
- Guild, J. (1931). The colorimetric properties of the spectrum. *Philosophical Transactions Royal Society A* 230, 149-187.
- Hanley, J. R. y Roberson, D. (2011). Categorical perception effects reflect differences in typicality on within-category trials. *Psychonomic Bulletin & Review* 18.2, 355-363.
- Hardin, C. L. y Maffi, L. (1997). Introduction. En C. L. Hardin y L. Maffi (Eds.). *Color Categories in thought and language* (pp. 1-18). Cambridge: Cambridge University Press.
- Hardy, J.L., Frederick, C. M., Kay, P., Y Werner, J.S. (2005) Color naming, lens aging, and grue: What the optics of the aging eye can teach us about color language. *Psychological Science* 16, 321-327.
- Harkness, S. (1973) Universal Aspects of Learning Color Codes: A Study in Two Cultures. *Ethos*. 2 (1). 175-200.
- Hering, E. (1878/1964). *Outlines of a theory of the light sense* (Traducido por Hurvich, L. M. & Jameson, D.). Cambridge: Harvard University Press.
- Hunt, R. W. G. (1995). *Measuring colour* (2nd Ed.). London: Ellis Horwood.

- Hunt, R.W.G. y Pointer, M.R. (2011). Color vision. Measuring color. John Wiley y Sons.
- Hurvich, L. M. (1981). Color vision. Sunderland: Sinauer Associates.
- Hurvich, L. M. y Jameson, D. (1957). An opponent-process theory of color vision. *Psychological Reviews*, 64, 384-404.
- Ishihara M.D. (1996). Ishihara's tests for colour-deficiency: 24 Plates Edition. Tokyo: Japan, Kanehara & Co.
- Jameson D. y Hurvich L.M. (1955). Some quantitative aspects of an opponent-colors theory. I. Chromatic responses and spectral saturation. *Journal of the Optical Society of America*. 45, 546-552
- Judd, D. B. (1951). Report of U. S. Secretariat Committee on Colorimetry and Artificial Daylight. En Proceedings of the Twelfth Session of the CIE, Stockholm, Tech. Committee No. 7. Paris: Bureau Central de la CIE.
- Kaiser, P. K. y Boynton, R. M. (1996). Human Color Vision (2nd Ed.). Washington, DC: Optical Society of America.
- Kay, P. y McDaniel, C.K. (1978). The linguistic significance of the meaning of basic colors terms. *Language*, 54 (3): 610-646.
- Kay, P. y Regier, T. (2003). Resolving the question of color naming universals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*,. 100, 9085-9089.
- Kay, P. y Regier, T. (2006) Language, thought and color: recent developments. *TRENDS in Cognitive Sciences* 2 (10).
- Kay, P., Berlin, B., Maffi, L., Merrifield, W. y Cook, R. (2009). The World Color Survey. Stanford, Center for the Study of Language and Information.
- Krauss, R. (1968). "Language as symbolic process". *American Scientist*, 56: 265-278.
- Kristol, A. (1979). Il colore azzurro nei dialetti italiani. *Vox Romanica* 38: 85-99.
- Kuehni, R.G. (1981). Notes on color terminology in the *LLiad* and the Epic of Gilgamesh. *Color Research and application*, 4 (6), 233-236.

- Lazar-Meyn, H. A. (2004). Color naming: "grue" in the Celtic languages of British Isles. *Psychological Science*, 15, 288.
- León, O. G. y Montero I. (2003) *Métodos de Investigación en Psicología y Educación*. Madrid: McGraw-Hill.
- Lillo, J. (1993). *Psicología de la percepción*. Madrid: Debate.
- Lillo, J. (2000). *Ergonomía: Evaluación y diseño del entorno visual*. Madrid: Alianza.
- Lillo, J. y Moreira, H. (2004a). Las categorías cromáticas básicas del Español: Síntesis final. *Óptica Pura y Aplicada*, 37, 125-130.
- Lillo, J. y Moreira, H. (2004b). Color blindness. En C. D. Spilberger (Ed.), *Encyclopedia of Applied Psychology* (Vol. 1. pp. 411-420). New York: Elsevier Academic Press.
- Lillo, J. y Moreira, H. (2005). Relative luminance and figure-background segmentation problems: Using AMLA to avoid no-discernible stimuli pairs in common and colour blind observers. *Psicológica*, 26, 189-207.
- Lillo, J. y Moreira, H. (2008). Colores de superficie y uso de categorías de color básicas en dicrómatas rojo-verde. *Óptica Pura y Aplicada*, 41 (3), 251-259
- Lillo, J. y Moreira, H. (2013a). *Percepción del color y daltonismo: descripción, diagnóstico e intervención*. Madrid: Pirámide.
- Lillo, J. y Moreira, H. (2013b). Basic Color Terms. En Keith, K. D. (Ed.), *The Encyclopedia of Cross-Cultural Psychology*: Malden, MA: Wiley.
- Lillo, J. y Moreira, H. (2013c). Color Categorization. En Keith, K. D. (Ed.), *The Encyclopedia of Cross-Cultural Psychology*: Malden, MA: Wiley.
- Lillo, J., Aguado, L., Moreira, H. y Davies, I. (2004). Lightness and hue perception: The Bezold-Brücke effect and colour basic categories. *Psicológica*, 25, 23-43.
- Lillo, J., Davies, I, Collado, J., Ponte, E. y Vitini, I. (2001). Colour naming by color blind children. *Anuario de Psicología*, 32 (3), 5-24.

- Lillo, J., Moreira, H. y Davies, I. R. L. (2011). Red-Green dichromats' use of Basic Colour terms. En C. P. Biggam, C. A. Hough, C. J. Kay y D. R. Simmons, (Eds.), *New Directions in Colour Studies*. Amsterdam and Philadelphia: John Benjamins Publishing Company Amsterdam, NL, (293-307).
- Lillo, J., Moreira, H., Álvaro, L. y Davies, I. R. L. (2014). Use of Basic Color Terms by red-green dichromats: 1. General description. *Color Research and Application* 39(4), 360-371
- Lillo, J., Moreira, H., Pérez del Tío, L., Álvaro, L., y Duran, M. C. (2012). Basic Color terms use by aged aged observers: Lens ageing and perceptual compensation. *The Spanish Journal of Psychology*, 15, 453-470.
- Lillo, J., Moreira, H., Vitini, I. y Martín, J. (2007). Locating Basic Spanish Colour Categories in CIE $L^*u^*v^*$ Space: Identification, Lightness Segregation and Correspondence with English Equivalents. *Psicológica*, 28, 21-54.
- Lin, H., Luo, M. R., MacDonald, L. W. y Tarrant, A. W. S. (2001a). A cross-cultural colour-naming study. Part I: Using an unconstrained method. *Color Research and Application*, 26, 40-60.
- Lin, H., Luo, M.R., MacDonald, L. W. y Tarrant, A. W. S. (2001b). A cross-cultural colour-naming study. Part II: Using a constrained method. *Color Research and Application*, 26, 193-208.
- Lin, H., Luo, M.R., MacDonald, L. W. y Tarrant, A. W. S. (2001c). A cross-cultural colour-naming study. Part III: A colour-naming model. *Color Research and Application*, 26, 270-277.
- Loughman, J.; Akkali, M.C.; Beatty, S.; Scanlon, G.; Davison, P.A.; O'Dwyer, V.; Cantwell, T.; Major, P.; Stack, J. y Nolan, J.M (2010). The relationship between macular pigment and visual performance. *Vision Research*. 50(13), 1249–1256.
- Lozano, R.D. (1977). Evaluation of different color-difference formulae by means of an experiment on color scaling. *Color Research & Application* 2(1), 13-18.
- Lozano, R.D. (1979). Diferencias de color. *Investigación y Ciencia*, Diciembre, 8-14.

- MacAdam, D.L. (1942). Visual Sensitivities to Color Differences in Daylight. *Journal of the Optical Society of America*. 32(5), 247-274.
- MacADAM, D.L. (1943a). Specification of Small Chromaticity Differences. *Journal of the Optical Society of America*. 33(1), 18-26.
- MacADAM, D.L. (1943b). The Graphical Representation of Small Color Differences. *Journal of the Optical Society of America*. 33(11), 675-679.
- MacAdam, D.L. (1974). Uniform color scales. *J. Opt. Soc. Am.* 64(12), 1691-1702.
- MacAdam, D.L. (1978). Colorimetric data for samples of OSA uniform color scales. *Journal of the Optical Society of America*. 68(1), 121-130.
- Maffi, L. y Hardin, C. L. (1997). Closing thoughts. En C. L. Hardin y L. Maffi (Eds.). *Color Categories in thought and language* (pp. 347-372). Cambridge: Cambridge University Press.
- Marr, D. (1982) *Vision: A Computational Approach*, San Francisco, Freeman & Co.
- Martínez Arias, R., Castellanos, M.A. y Chacón J.C. (2014). *Métodos de investigación en psicología*. Madrid. EOS.
- McLaren, K. (1970) Colour passing – visual or instrumental? *Journal of the Optical Society of Dyers and Colourists* 86, 389-393.
- McLaren, K. (1981) Golden Jubilee of Colour in the CIE. *The Society of Dyers and Colourists*. 156-173.
- Moreira, H. (2010). *Uso de términos de color básicos en daltónicos dicrómatas y personas de edad avanzada*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Moreira, H., Lillo, J., Álvaro, L. y Davies, I. R. L. (2014). Use of Basic Color Terms by red-green dichromats: 2. Models. *Color Research and Application*. 39(4), 372-386.
- Moroney, N., Fairchild, R., Hunt, R.W.G., Li, C., Lu, M.R y Newman, T. (2002). The CIECAM02 color appearance model. *IS&T/SID Tenth Color Imaging*

- Conference. Scottsdale, Arizona: The Society for Imaging Science and Technology. ISBN 0-89208-241-0.
- Newton, I. (1730). *Opticks* (4th ed.). London: William Innys. Reimpreso New York: Dover. 1952.
- Nickerson, D. (1975). Uniform color scales: Munsell conversion of OSA committee selection. *Journal of the Optical Society of America*. 65(2), 205-207.
- Nida, E. A. (1959). "Principles of translation as exemplified by Bible translating". En: Reuben Arthur Brower (editor), *On Translation*. Cambridge (USA), Harvard University Press.
- Özgen, E., & Davies, I. R. (1998). Turkish color terms: Tests of Berlin and Kay's theory of color universals and linguistic relativity. *Linguistics* 36 (5), 919-956
- Özgen, E., & Davies, I. R. (2002). Acquisition of Categorical Color Perception: A Perceptual Learning Approach to the Linguistic Relativity Hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: General*. 131 (4), 477-493
- Packer, O. y Williams, D. R. (2003). Light, the Retinal Image, and Photoreceptors. En S. K. Shevell (Ed.). *The Science of Color* (2nd Ed.) (pp. 41-102). Amsterdam: Optical Society of America.
- Paramei, G.V. (2005). Singing the Russian blues: An argument for culturally basic color terms. *Cross-Cultural Research* 39 (1), 10-38
- Pich, J., y Davies, I. (1999). La adquisición de los términos para el color en niños castellano y catalano-parlantes. *Infancia y Aprendizaje*, 85, 95-112.
- Pointer, M. R., y Attridge, A. (1998). The number of discernible colours. *Colour Research and Application*, 23, 52-54.
- Pokorny, J. y Smith, V. (1986) Colorimetry and Color Discrimination. En K. R. Boff, L. Kaufman y J. P. Thomas (Eds.). *Handbook of Perception and Human Performance*, Vol. I: Sensory Processes and Perception (pp. 8-1-8-51). New York: John Wiley and Sons.

- Quinn, P. C., Rosano, J. L. y Wooten, B. R. (1988). Evidence that brown is not an elemental color. *Perception and Psychophysics*, 43(2), 156-164.
- Regier, T., Kay, P., Gilbert, A.L. y Ivry, R.B. (2010). "Language and thought: Which side are you on, anyway?". En: B. Malt y P. Wolff (editores), *Words and the Mind: How Words Capture Human Experience*, Nueva York, Oxford University Press, pp. 165-182. Ivry. [http:// http://lclab.berkeley.edu/papers/lehigh.pdf](http://lclab.berkeley.edu/papers/lehigh.pdf) Visitado en noviembre 2014.
- Roberson, D. (2012) Culture, categories, and color: Do we see the world through tinted lenses? En Gelfand, M. J., Ciu, C. y Hong, Y. (Eds) *Advances in culture and psychology* (Vol 2), 3-52. New York, NY, US: Oxford University Press, 2012.
- Roberson, D. y Hanley, J. R. (2010). Relatively speaking: An account of the relationship between language and thought in the color domain. En Malt, B.C., Wolff, P. (Eds.) *Words and the mind: How words capture human experience*, (pp.183-198). New York, NY, US: Oxford University Press.
- Roberson, D., Davidoff, J., Davies, I y Shapiro, L.R. (2004). "Color categories: evidence for the cultural relativity hypothesis". *Cognitive Psychology*, 50(4): 378-411.
- Roberson, D., Davies, I y Davidoff. J. (2000). "Color categories are not universal: Replications & new evidence from a Stone-age culture". *Journal of Experimental Psychology: General*, 129: 369-398.
- Roberson, D., Pak, H y Hanley, J. R. (2008). "Categorical perception of colour in the left and right visual field is verbally mediated: Evidence from Korean". *Cognition*, 107: 752-762.
- Sandell, J. H., Gross, C. G. y Bornstein, M. H. (1979). Color categories in macaques. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 93, 626-635.
- Shevell (2003). *The Science of Color* (2nd Ed.). Amsterdam: Optical Society of America.

- Smith, V. y Pokorny, J. (2003). Color matching and color discrimination. En S. K. Shevell (Ed.). *The Science of Color* (2nd Ed.) (pp. 103-148). Amsterdam: Optical Society of America.
- SSI. (1996). *Standardiseringen I Sverige* Swedish Standards Institution: Atlas 96. Stockholm: Scandinavian Colour Institute.
- SSI. (1997). *NCS Index Edition 2*. Stockholm: Scandinavian Color Institute.
- Sternheim, C. y Boynton, R. (1966). Uniqueness of perceived hues investigated with a continuous judgement technique. *Journal of Experimental Psychology*, 72, 770-776.
- Stockman, A., & Brainard, D.H (2010) *Color Vision Mechanisms*. En M.Bass; J.M. Enoch & V. Lakshminarayanan (Eds). *Handbook of Optics* (3th Edition. Volume III. Vision and Vision Optics. New York. McGraw Hill.
- Sturges, J. y Whitfield, T. W. A. (1995). Locating basic colours in the Munsell space. *Color Research and Application*, 20, 364-376.
- Thomas, L. L., Curtis, A. T., y Bolton, R. (1978). Sex differences in elicited color lexicon size. *Perceptual and Motor Skills*, 47, 77-78.
- Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information. New York: Freeman. Marr, D. (1982),
- Vitini, I. (2002). *Las categorías cromáticas básicas del español*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. España.
- Werner, J. S. y Wooten, B. R. (1979a). Opponent chromatic mechanisms: Relation to photopigments and hue naming. *Journal of the Optical Society of America*, A, 69, 422-434.
- Werner, J. S. y Wooten, B. R. (1979b). Opponent chromatic response functions for an average observer, *Perception and Psychophysics*, 25, 371-374.
- Wooten, B. y Miller, D. (1997). The psychophysics of colour. En C. L. Hardin y L. Maffi (Eds.). *Color Categories in thought and language* (pp.59-88). Cambridge: Cambridge University Press.

- Wright, W.D. (1928-29). A re-determination of the trichromatic coefficients of the spectral colours. *Transactions Optical Society*. 30 (4), 141-164.
- Wyszecki, G. y Stiles, W. S. (1982). *Color science: concepts and methods, quantitative data and formulae* (2nd Ed.). New York: John Wiley and Sons.
- Zhou. K, Mo, L., Kay, P., Kwok, V., Ip, T. y Tan, L.H. (2010). Newly trained lexical categories produce lateralized categorical perception of color. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107, 9974-9978.